



American Welding Society®
CERTIFICATION

aws.org

METRIC
BOS
BAHASA

CERTIFIED WELDING INSPECTOR (CWI) PRAKTIK BAGIAN B

BUKU SPESIFIKASI (BOS) 2017

JANGAN MENULIS DI BUKU INI

PENGANTAR

Buku Spesifikasi Bagian B ini digunakan sebagai buku referensi untuk mengikuti ujian praktik langsung yang merupakan bagian dari ujian sertifikasi CWI. Ujian praktik ini menyimulasikan inspeksi langsung dan tinjauan dokumen yang dilakukan oleh Certified Welding Inspector (CWI). Anda diharapkan untuk mengevaluasi kesesuaian spesimen uji dan dokumen untuk prosedur dan kualifikasi pengelas serta pengelasan produksi menggunakan alat pengukuran standar, inspeksi visual, dan dokumen yang terdapat dalam Buku Lampiran. Kesesuaian didasarkan pada informasi yang tertulis dalam *Buku Spesifikasi* ini. Ujian praktik akan menguji kemampuan Anda dalam menjalankan fungsi-fungsi tersebut.

Meskipun diformat agar terlihat seperti buku kode asli, *Buku Spesifikasi* ini bukan buku kode asli dan tidak boleh digunakan sebagai buku kode asli. Meskipun beberapa klausul dalam *Buku Spesifikasi* ini tampak mirip dengan buku kode yang Anda ketahui, baca *Buku Spesifikasi* ini dengan sangat cermat dan jangan andalkan ingatan Anda untuk mengambil keputusan terkait jawaban ujian.

Pelajari urutan *Buku Spesifikasi Bagian B* ini. Ada klausul khusus terkait kriteria pengerjaan dan inspeksi visual dalam tiga aplikasi: Struktural, Rangkaian Pipa, dan Pipa Bertekanan. Ada pula klausul umum untuk inspeksi, prosedur, dan kualifikasi performa yang berlaku untuk ketiga aplikasi tersebut. Karena *Buku Spesifikasi* ini berlaku untuk ketiga aplikasi, istilah dan definisinya tidak terbatas pada AWS A3.0, *Istilah dan Definisi Pengelasan Standar*.

Selain konten utama spesifikasi, terdapat lampiran, tabel, dan gambar yang penting dalam keputusan ujian Anda. Setiap bagian diberi nomor unik untuk menghindari kebingungan. Pastikan Anda telah menemukan semua lampiran, tabel, dan gambar yang diperlukan sebelum menjawab pertanyaan.

Buku Lampiran digunakan dalam ujian dan berisi contoh berbagai dokumen dan foto, termasuk, tetapi tidak terbatas pada WPS, PQR, WQTR, grafik perlakuan panas, dan metode NDE. Baik spesimen uji maupun Buku Lampiran tidak tersedia untuk dipelajari sebelum ujian.

Untuk pertanyaan tertentu, teks narasi akan memberi Anda informasi dan Anda akan ditanyai pertanyaan khusus. Pertanyaan tersebut mungkin mengacu pada lokasi spesimen tertentu yang disertakan dalam kit uji Anda atau merujuk pada dokumen dalam Buku Lampiran. Selain Buku Lampiran, semua kit uji memiliki alat ukur standar yang diperlukan untuk menyelesaikan ujian.

PENTING

1. Baca setiap soal dengan cermat dan lengkap, termasuk setiap pilihan yang tersedia. Hanya akan ada satu jawaban yang benar. Hati-hati saat memindahkan pilihan jawaban Anda ke bagian yang benar pada lembar jawaban.
2. Replika las dalam kit uji yang diberikan terbuat dari plastik untuk memastikan setiap peserta ujian menerima spesimen yang sama persis. Sebagai konsekuensi dari proses replikasi, mungkin terdapat variasi warna dari logam las sebenarnya dan garis sambungan yang terlihat dari proses perakitan plastik. Abaikan lubang kecil, garis sambungan, lem yang terjepit, atau variasi warna dalam penentuan jawaban yang benar.
3. Anda diharapkan mengetahui metode menggunakan dan menerapkan setiap instrumen pengukuran dan inspeksi dalam kit ujian, termasuk mengetahui cara melakukan *zeroing* instrumen dengan benar jika diperlukan.
4. Gunakan margin atau halaman kosong dalam buklet ujian Anda untuk melakukan penghitungan yang diperlukan. Jangan menulis di buklet ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Daftar Isi	No. Hal.
Pengantar.....	i
Daftar Tabel	iii
Daftar Gambar	iii
1.0 Persyaratan Umum	1
2.0 Persyaratan Pengerjaan dan Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual – Baja Struktur	3
2.1 Penyiapan Logam Dasar.....	3
2.2 Persyaratan Pengerjaan.....	3
2.3 Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual.....	4
2.4 Toleransi Dimensi Las Sudut	4
3.0 Persyaratan Pengerjaan dan Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual – Rangkaian Pipa	9
3.1 Persyaratan Pengerjaan.....	9
3.2 Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual.....	10
4.0 Persyaratan Pengerjaan dan Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual – Pipa Bertekanan	13
4.1 Persyaratan Pengerjaan.....	13
4.2 Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual.....	14
5.0 Persyaratan Kualifikasi Prosedur	15
5.1 Persyaratan WPS.....	15
5.2 Variabel Kualifikasi Prosedur	17
5.3 Persyaratan Uji Kualifikasi Prosedur	22
5.4 Kriteria Penerimaan Kualifikasi Prosedur	22
5.5 Dokumentasi Kualifikasi Prosedur	24
6.0 Persyaratan Kualifikasi Performa	25
6.1 Umum	25
6.2 Variabel Kualifikasi Performa.....	25
6.3 Persyaratan Uji Kualifikasi Performa	26
6.4 Kriteria Penerimaan Kualifikasi Performa	29
6.5 Dokumentasi Kualifikasi Performa.....	30
Lampiran I (Normatif)—Tabel Nomor A – Klasifikasi Logam Las Besi untuk Kualifikasi Prosedur.....	31
Lampiran II (Normatif)—Tabel Nomor F – Pengelompokan Elektrode dan Batang Las untuk Kualifikasi.....	33
Lampiran III (Normatif)—Spesifikasi Logam Dasar dan Tabel Nomor M	35-39
Lampiran III-A (Normatif)—Spesifikasi Logam Dasar.....	35-36
Lampiran III-B (Normatif)—Tabel Nomor M – Spesifikasi Logam Dasar & Tabel Nomor M.....	37-39
Lampiran IV (Normatif)—Persyaratan Penyiapan Spesimen Lengkung	41-42
Lampiran V (Informatif)—Rumus, Konversi, Singkatan, dan Informasi Berguna.....	43-44
Lampiran VI (Informatif)—Schedule Pipa	47
Lampiran VII (Informatif)—WPS Kosong.....	48
Lampiran VIII (Informatif)—PQR Kosong	52
Lampiran IX (Informatif)—WQTR Kosong.....	54
Lampiran X (Informatif)—Istilah dan Definisi Nonstandar Khusus Industri.....	56

Daftar Tabel

Tabel	No. Hal.
1	Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual – Baja Struktur..... 5
2	Profil Las..... 6
3	Schedule Profil Las 6
4	Dimensi Maksimum <i>Undercut</i> (Pipa Saluran) 12
5	Ketebalan Maksimum Tulangan untuk Suhu Desain 14
6	Matriks Data WPS 15
7	Batasan Ketebalan Pelat dan Pipa Las Alur untuk Kualifikasi Prosedur..... 18
8	Matriks Data PQR..... 19
9	Batasan Kualifikasi Performa Las Alur pada Pipa dan Tabung..... 26
10	Batasan Kualifikasi Performa Las Alur Pelat 26
11	Persyaratan Ujian untuk Kualifikasi Performa 27
12	Jumlah Uji Lengkung untuk Kualifikasi Performa..... 27
13	Logam Dasar yang Diizinkan untuk Kualifikasi Performa..... 28
14	Logam Pengisi yang Diizinkan untuk Kualifikasi Performa..... 28
15	Batasan Posisi untuk Uji Performa..... 29
16	Faktor Konversi SI 44
17	Prefiks SI..... 44
18	Kesetaraan Pecahan/Desimal 45

Daftar Gambar

Gambar	No. Hal.
A	Profil Las untuk Persyaratan Sambungan Tumpul..... 7
B	Persyaratan Profil Las Sudut untuk Sambungan Sudut Dalam, Sambungan Tumpang, dan Sambungan T 7
C	Penetrasi Tidak Memadai Tanpa Tinggi-Rendah (IP)..... 11
D	Penetrasi Tidak Memadai karena Tinggi-Rendah (IPD) 11
E	Fusi Tidak Sempurna pada Akar Manik atau Puncak Sambungan (IF)..... 11

1.0 Persyaratan Umum

1.1 Cakupan

1.1.1 Spesifikasi ini berlaku untuk ujian American Welding Society Certified Welding Inspector (CWI) dan tidak boleh digunakan untuk tujuan lain. Ujian Praktik CWI bergantung pada penggunaan replika plastik cetakan dari spesimen las sebenarnya dan karena terdapat beberapa karakteristik visual logam yang tidak dapat direproduksi dalam plastik dengan ketelitian yang memadai, pengecualian kriteria kesesuaian untuk karakteristik ini tidak boleh ditafsirkan sebagai dorongan untuk mengecualikan kriteria ini dalam fabrikasi yang sebenarnya.

1.1.2 Spesifikasi ini mencakup persyaratan representatif untuk aplikasi pada Baja Struktur, Rangkaian Pipa, dan Pipa Bertekanan. Pengecualian ini dimaksudkan untuk diterapkan pada replika las uji pemeriksa dan bukan pada fasilitas, peralatan, atau struktur industri sebenarnya.

1.1.3 Kecuali jika dinyatakan lain, persyaratan yang terdapat dalam *Buku Spesifikasi*, pada Klausul 1.0, 5.0, dan 6.0, dianggap sebagai persyaratan umum yang berlaku untuk ketiga aplikasi.

1.1.4 Lampiran Normatif dalam spesifikasi ini disediakan untuk menetapkan persyaratan, sedangkan Lampiran Informatif disediakan sebagai informasi tambahan. Keduanya merupakan bagian dari spesifikasi ini. Penetapan sebagai Lampiran Normatif atau Informatif tidak menentukan penggunaannya dalam ujian.

1.1.5 Penghitungan, rumus, definisi, dan sifat bahan yang digunakan pada ujian CWI akan didasarkan pada data yang dipublikasikan dalam Lampiran spesifikasi ini. Karena *Buku Spesifikasi* ini berlaku untuk ketiga aplikasi, istilah dan definisinya tidak terbatas pada AWS A3.0, *Istilah dan Definisi Pengelasan Standar*.

1.1.6 Penggunaan istilah “harus”, “sebaiknya”, dan “boleh” dalam spesifikasi ini mempunyai arti sebagai berikut:

1.1.6.1 Harus. Ketentuan spesifikasi yang menggunakan kata “harus” bersifat wajib.

1.1.6.2 Sebaiknya. Ketentuan spesifikasi yang menggunakan kata “sebaiknya” merupakan praktik tidak wajib yang dianggap bermanfaat.

1.1.6.3 Boleh. Ketentuan spesifikasi yang menggunakan kata “boleh” menunjukkan pilihan prosedur atau praktik opsional yang dapat digunakan sebagai alternatif atau pelengkap persyaratan spesifikasi.

1.2 Inspeksi Visual

1.2.1 Inspeksi visual terhadap retak pada las dan logam dasar serta diskontinuitas lainnya dapat dibantu dengan senter, kaca pembesar, dan cermin jika diperlukan.

1.2.2 Ukuran las, panjang, dan lokasi las harus sesuai dengan persyaratan spesifikasi ini.

1.2.3 Persiapan sambungan, perakitan, dan teknik pengelasan harus diverifikasi.

1.2.4 Alat ukur dan pengukur yang sesuai harus digunakan bila diperlukan.

1.3 Toleransi Dimensi

Kecuali jika dinyatakan lain, toleransi dimensi standar berikut berlaku saat menggunakan spesifikasi ini. Toleransi ini tidak berlaku untuk dimensi pada spesimen uji, Lampiran IV, atau batas diskontinuitas yang dapat diterima.

1.3.1 Toleransi desimal ditentukan oleh jumlah tempat desimal (presisi) yang digunakan pada dimensi sebagai berikut:

X,X	$\pm 0,3$	(misalnya, 1,0 mm dapat sebesar 0,7 hingga 1,3 mm)
X,XX	$\pm 0,13$	(misalnya, 1,00 mm dapat sebesar 0,87 hingga 1,13 mm)

1.3.2 Toleransi bilangan bulat ditentukan oleh panjang dimensi keseluruhan yang digunakan dalam dimensi sebagai berikut:

Bilangan bulat > 150 mm	± 3 mm
Bilangan bulat inklusif dari 25 hingga 150 mm	$\pm 1,5$ mm
Bilangan bulat dari 1 hingga < 25 mm	$\pm 0,8$ mm

2.0 Persyaratan Pengerjaan dan Kriteria Penerimaan Visual – Baja Struktur

2.1 Penyiapan Logam Dasar

2.1.1 Diskontinuitas Bawaan Pabrik. Panjang diskontinuitas ini adalah dimensi panjang yang terlihat pada permukaan potongan bahan dan kedalamannya adalah jarak diskontinuitas yang meluas ke dalam bahan dari permukaan potongan. Batas kesesuaian dan perbaikan diskontinuitas permukaan potongan yang diamati secara visual adalah sebagai berikut:

- (a) Setiap diskontinuitas yang panjangnya 25 mm atau kurang tidak perlu diperbaiki dan kedalamannya tidak perlu diperiksa.
- (b) Setiap diskontinuitas yang panjangnya lebih dari 25 mm dengan kedalaman maksimum 3 mm tidak perlu diperbaiki, tetapi kedalamannya harus diperiksa.
- (c) Setiap diskontinuitas yang panjangnya lebih dari 25 mm dengan kedalaman lebih dari 3 mm, tetapi tidak lebih besar dari 6 mm harus dihilangkan seluruhnya dan diperbaiki dengan pengelasan.
- (d) Setiap diskontinuitas dengan panjang lebih dari 25 mm dan kedalaman lebih dari 6 mm harus diserahkan kepada Teknisi untuk perbaikan.

2.2 Persyaratan Pengerjaan

2.2.1 Persyaratan Kekasaran. Persiapan tepi las dan permukaan tepi lainnya harus dievaluasi dengan panduan kekasaran permukaan AWS C4.1-77. Kriteria penerimaannya adalah sebagai berikut:

2.2.1.1 Permukaan persiapan tepi las untuk proses pengelasan manual dan semiotomatis tidak boleh lebih kasar dari Sampel 3 dan tidak boleh terdapat lekukan dengan kedalaman lebih dari 1,5 mm.

2.2.1.2 Permukaan persiapan tepi las untuk proses pengelasan mekanis dan otomatis (kecuali SAW) tidak boleh lebih kasar dari Sampel 4 dan tidak boleh terdapat lekukan.

2.2.1.3 Permukaan persiapan tepi las untuk SAW tidak boleh lebih kasar dari Sampel 3 dan tidak boleh terdapat lekukan.

2.2.1.4 Tepi komponen yang tidak terkena tegangan yang dihitung tidak boleh lebih kasar dari Sampel 2 dan tidak boleh terdapat lekukan dengan kedalaman lebih dari 3 mm.

2.2.1.5 Semua tepi lainnya tidak boleh lebih kasar dari Sampel 3 dan tidak boleh terdapat lekukan dengan kedalaman lebih dari 1,5 mm.

2.2.2 Sambaran Busur Listrik. Logam dasar harus bebas dari sambaran busur api.

2.2.3 Pembersihan Hasil las. Terak harus disingkirkan dari semua hasil las. Percikan dapat diterima, kecuali jika NDT selain pemeriksaan visual akan dilakukan atau ditentukan lain.

2.2.4 Permulaan dan Penghentian Las Sudut. Las sudut tidak boleh dihentikan pada sudut sambungan tumpang. Penghentian dan permulaan harus dilakukan sebagai berikut:

2.2.4.1 Sambungan Berbeban Statis. Penghentian dan permulaan harus dilakukan dengan menahan las dari sudut dengan jarak tidak kurang dari ukuran las sudut yang ditentukan atau dengan melilitkan las mengelilingi sudut tidak kurang dari dua kali atau tidak lebih dari empat kali ukuran las sudut yang ditentukan.

2.2.4.2 Sambungan Berbeban Siklis. Penghentian dan permulaan harus dilakukan dengan melilitkan las mengelilingi sudut dengan jarak tidak kurang dari dua kali atau tidak lebih dari empat kali ukuran las sudut yang ditentukan.

2.2.5 Perbaikan. Pelepasan logam las atau bagian dari logam dasar dapat dilakukan dengan pemesian, penggerindaan, pengikisan, atau pencungkulan. Proses ini harus dilakukan sedemikian rupa agar logam las atau logam dasar yang berdekatan tidak tergores atau tercungkil. Bagian las yang tidak sesuai harus disingkirkan tanpa menghilangkan logam dasar secara signifikan. Permukaan harus dibersihkan secara menyeluruh sebelum pengelasan. Logam las harus diendapkan untuk mengompensasi kekurangan ukuran pada logam las.

2.3 Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual. Semua lasan harus diperiksa secara visual dan memenuhi kriteria penerimaan pada Tabel 1.

2.3.1 Profil Las. Profil las harus sesuai dengan Tabel 1, Tabel 2, dan Tabel 3, Gambar A, Gambar B, kecuali jika diizinkan lain dalam 2.3.1.1, 2.3.1.2, dan 2.3.1.3.

2.3.1.1 Las Sudut. Kecuali jika dinyatakan lain, permukaan las sudut mungkin sedikit cembung, datar, atau sedikit cekung seperti yang ditunjukkan pada Gambar B.

2.3.1.2 Pengecualian untuk Las Sudut Intermitten. Kecuali untuk *undercut*, sebagaimana diizinkan dalam spesifikasi ini, persyaratan profil pada Gambar B tidak boleh diterapkan pada ujung las sudut intermiten di luar panjang efektifnya.

2.3.1.3 Las Alur. Tulangan las alur harus sesuai dengan Tabel 2 dan Tabel 3. Las harus mempunyai transisi bertahap ke bidang permukaan logam dasar.

2.3.1.4 Tumpang Tindih. Semua pengelasan harus bebas dari tumpang tindih.

2.4 Toleransi Dimensi Las Sudut

2.4.1 Panjang dan jarak las. Kecuali jika dinyatakan lain, panjang las yang disebutkan adalah panjang las minimum dan tidak ada nilai maksimum. Panjang las sudut adalah panjang keseluruhan sudut ukuran penuh, termasuk pembalikan ujung (*boxing*) yang diukur sepanjang garis tengah tenggorokan efektif dan tidak termasuk bagian awal dan akhir yang berukuran kecil. Toleransi subklausul 1.3.2 harus diterapkan untuk menentukan apakah panjang minimum dapat diterima, misalnya panjang las 74,2 mm memenuhi persyaratan las 75 mm.

Kecuali jika dinyatakan lain, jarak las (*pitch*) adalah jarak maksimum di antara bagian tengah las yang berdekatan dan tidak ada batas minimum. Toleransi subklausul 1.3.2 harus diterapkan untuk menentukan apakah jarak maksimum terukur aktual dapat diterima, misalnya jarak 75,8 mm memenuhi persyaratan jarak 75 mm.

2.4.2 Ukuran Las Sudut. Kecuali jika dinyatakan lain dalam kriteria penerimaan inspeksi visual, ukuran las sudut adalah ukuran las minimum dan tidak ada nilai maksimum. Toleransi subklausul 1.3.2 tidak berlaku.

Tabel 1
Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual – Baja Struktur

Kategori Diskontinuitas dan Kriteria Inspeksi	Sambungan Nontubular Berbeban Statis	Sambungan Nontubular Berbeban Siklis	Sambungan Tubular (Semua Beban)
1) Larangan Retak Retak apa pun tidak dapat diterima, berapa pun ukuran atau di mana pun lokasinya.	X	X	X
(2) Fusi Logam Las/Dasar Fusi menyeluruh harus terjadi antara lapisan logam las yang berdekatan dan antara logam las dan logam dasar.	X	X	X
(3) Penampang Cerukan Semua cerukan harus diisi agar dapat mencapai ukuran las yang ditentukan, kecuali ujung las sudut intermiten di luar panjang efektifnya.	X	X	X
(4) Profil Las Profil las harus sesuai dengan 2.3.1.	X	X	X
(5) Waktu Inspeksi Inspeksi visual pada lasan di semua baja dapat dimulai segera setelah hasil las didinginkan hingga mencapai suhu ruang. Kriteria penerimaan untuk baja ASTM A 514, A 517, serta A 709 Kategori 100 dan 100 W harus didasarkan pada inspeksi visual yang dilakukan tidak kurang dari 48 jam setelah pengelasan selesai.	X	X	X
(6) Las Ukuran Kecil Ukuran las sudut pada setiap las kontinu boleh kurang dari ukuran nominal yang ditentukan (L) tanpa koreksi dengan jumlah berikut (U): $L,$ ukuran las nominal yang ditentukan, mm ≤ 5 6 ≥ 8 $U,$ penuruanan yang dibolehkan dari L, mm ≤ 2 $\leq 2,5$ ≤ 3	X	X	X
(7) Undercut (A) Untuk bahan dengan ketebalan kurang dari 25 mm, <i>undercut</i> tidak boleh melebihi 0,8 mm. Untuk bahan dengan ketebalan sama dengan atau lebih besar dari 25 mm, <i>undercut</i> tidak boleh melebihi 2 mm untuk setiap panjang las. (B) Pada komponen struktur primer, kedalaman <i>undercut</i> tidak boleh lebih dari 0,25 mm bila las melintang terhadap tegangan tarik pada kondisi pembebanan desain apa pun. Kedalaman <i>undercut</i> tidak boleh lebih dari 0,8 mm untuk semua kasus lainnya.	X		
(8) Porositas (A) Las alur CJP pada sambungan tumpul yang melintang terhadap arah tegangan tarik yang dihitung tidak boleh mempunyai porositas yang terlihat. Untuk semua las alur lainnya dan untuk las sudut, jumlah porositas yang tampak sebesar 0,8 mm atau lebih besar, dalam diameternya tidak boleh melebihi 10 mm pada setiap las linier 25 mm. (B) Frekuensi porositas pada las sudut tidak boleh melebihi satu dalam setiap 100 mm panjang las dan diameter maksimum tidak boleh melebihi 2,5 mm. Pengecualian: untuk las sudut yang menyambungkan pengaku ke badan, jumlah dari diameter porositas tidak boleh melebihi 10 mm pada setiap las linier 25 mm. (C) Las alur CJP pada sambungan tumpul yang melintang terhadap arah tegangan tarik yang dihitung tidak boleh mempunyai porositas. Untuk semua las alur lainnya, frekuensi porositas tidak boleh melebihi satu dalam panjang 100 mm dan diameter maksimum tidak boleh melebihi 2,5 mm.	X		
		X	X
		X	X

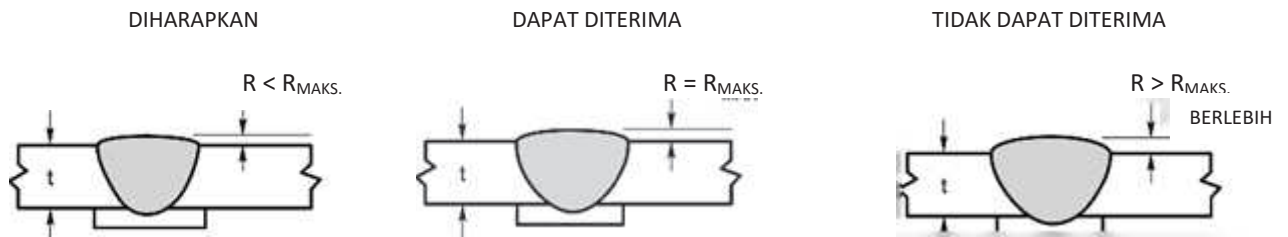
Catatan: Tanda "X" menunjukkan kondisi dapat diterapkan untuk jenis sambungan; area yang diarsir menunjukkan kondisi tidak dapat diterapkan.

Tabel 2
Profil Las (lihat 2.3.1)

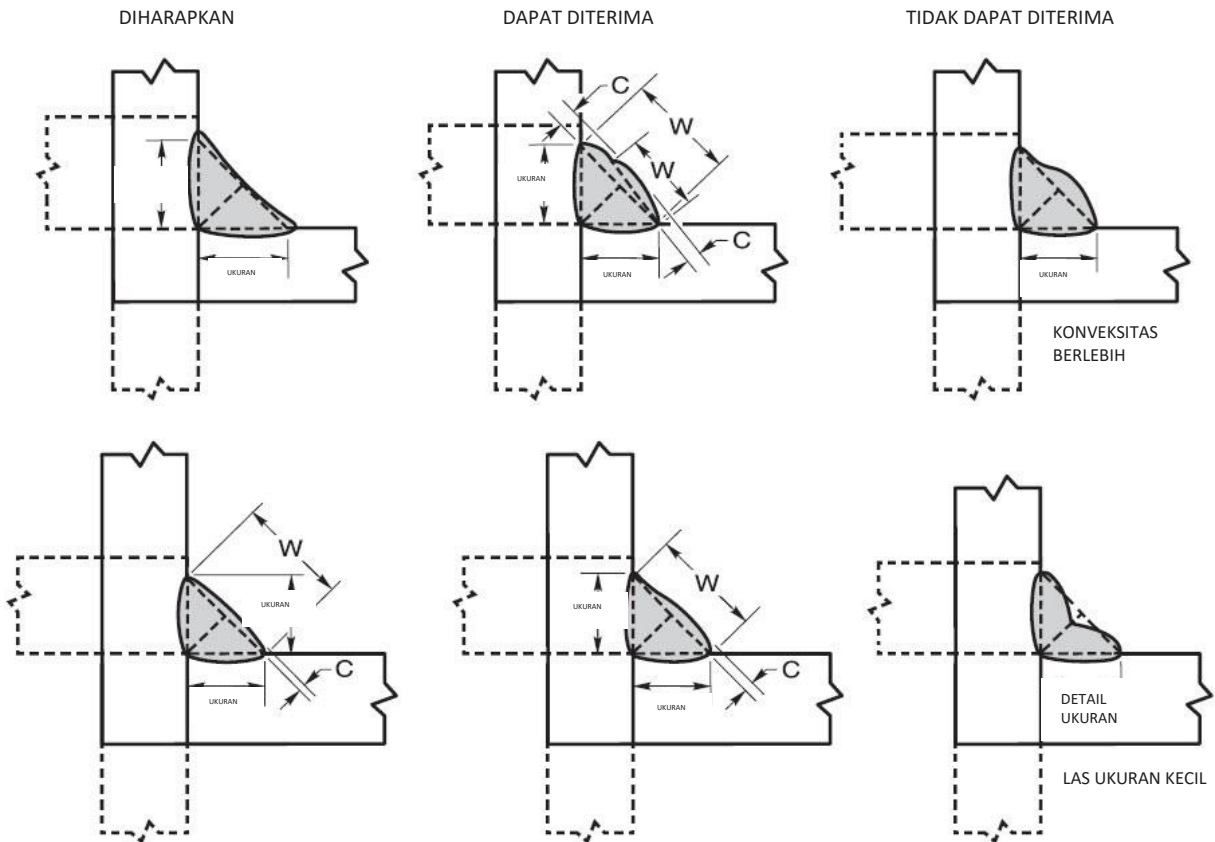
Jenis Las	Jenis Sambungan			
	Tumpul	Sambungan T	Tumpang	Sudut-Dalam
Alur (CJP atau PJP)	Gambar A	T/A	T/A	T/A
	Schedule A	T/A	T/A	T/A
Sudut	T/A	Gambar B	Gambar B	Gambar B
	T/A	Schedule B	Schedule B	Schedule B

Tabel 3
Schedule Profil Las (lihat 2.3.1)

Schedule A	(t = ketebalan pelat yang lebih tebal yang disambungkan untuk CJP; t = ukuran <i>throat</i> untuk PJP)		
	t	R min.	R maks.
	≤ 25 mm	0	2 mm
	> 25 mm ≤ 50 mm	0	3 mm
	> 50 mm	0	5 mm
Schedule B	(W = lebar muka las atau masing-masing manik permukaan; C = konveksitas yang dibolehkan)		
	W	C min.	C maks.
	≤ 8 mm	0	2 mm
	> 8 mm < 25 mm	0	3 mm
	≥ 25 mm	0	5 mm



GAMBAR A – PROFIL LAS UNTUK PERSYARATAN SAMBUNGAN TUMPUL (lihat Tabel 2 dan 3)



GAMBAR B – PERSYARATAN PROFIL LAS SUDUT UNTUK SAMBUNGAN SUDUT DALAM, SAMBUNGAN TUMPANG, DAN SAMBUNGAN T (lihat Tabel 2 dan 3)

Halaman ini sengaja dikosongkan.

3.0 Persyaratan Pengerjaan dan Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual – Rangkaian Pipa

3.1 Persyaratan Pengerjaan

3.1.1 Detail penyiapan tepi dan dimensi *fitting* pipa harus sesuai dengan yang ditentukan dalam WPS.

3.1.2 Ujung bevel pipa harus halus dan seragam.

3.1.3 Penyelarasan bagian ujung-ujung yang berbatasan harus dapat meminimalkan *offset* di antara permukaan. Untuk ujung pipa dengan ketebalan nominal yang sama, *offset* tidak boleh melebihi 3 mm.

3.1.4 Jumlah manik pengisi dan manik akhir harus memungkinkan hasil las membentuk penampang yang hampir seragam di sekeliling pipa. Bagian permukaan mahkota tidak boleh berada di bawah permukaan luar pipa dan tidak boleh dinaikkan di atas logam induk lebih dari 2 mm.

3.1.5 Pengelasan manik yang berdekatan tidak boleh dimulai atau diakhiri di lokasi yang sama.

3.1.6 Permukaan hasil las tidak boleh lebih lebar di atas 3 mm dari lebar alur aslinya.

3.1.7 Hasil las (termasuk logam induk) harus disikat dan dibersihkan secara menyeluruh. Semua percikan harus disingkirkan.

3.1.8 Tidak boleh ada bekas terbakar busur api pada permukaan logam induk.

3.1.9 Perbaikan dan Penyingkiran Cacat Las

3.1.9.1 Otorisasi. Otorisasi Perusahaan diperlukan untuk perbaikan retak, perbaikan las balik, dan perbaikan ganda. Otorisasi Perusahaan tidak diperlukan untuk perbaikan apa pun yang tidak melibatkan penerapan panas atau logam las, seperti penggerindaan, pengisian, dsb. Pengerjaan ulang bukanlah perbaikan dan tidak memerlukan otorisasi Perusahaan.

3.1.9.2 Perbaikan Retak. Lasan retak harus dipotong kecuali jika perbaikannya diizinkan oleh Perusahaan. Bila perbaikan retak diizinkan:

- (1) lasan retak dapat diperbaiki dengan melepas seluruh atau sebagian lasan asalkan panjang retak tunggal atau panjang agregat beberapa retak dalam satu area perbaikan kurang dari 8% dari panjang lasan menggunakan prosedur perbaikan yang memenuhi syarat
- (2) lasan yang memiliki beberapa area perbaikan dengan retak tidak boleh diperbaiki kecuali jika total akumulasi panjang perbaikan kurang dari 8% dari panjang lasan dan prosedur perbaikan yang memenuhi syarat digunakan;
- (3) perbaikan ganda pada retak tidak diizinkan. Retak lain pada lasan setelah perbaikan harus dipotong;
- (4) retak cekung dangkal atau retak bintang yang ditemukan dan terdapat sepenuhnya pada tulangan las internal atau eksternal dapat diperbaiki dengan metode digerinda (yaitu, metode abrasif) tanpa prosedur perbaikan yang memenuhi syarat. Jika penggerindaan melampaui tulangan las internal atau eksternal, tulangan las harus diganti menggunakan prosedur pengelasan yang memenuhi syarat.

3.1.9.3 Perbaikan Cacat Las Selain Retak. Cacat las selain retak pada manik akar, pengisi, dan akhir dapat diperbaiki dengan otorisasi Perusahaan sebelumnya. Prosedur perbaikan yang memenuhi syarat harus diwajibkan setiap kali perbaikan dilakukan dengan pengelasan bila:

- (1) menggunakan proses pengelasan, kombinasi proses pengelasan, atau metode penerapan ataupun logam pengisi yang berbeda dari yang digunakan sebelumnya untuk membuat lasan asli; atau
- (2) perbaikan dilakukan di area perbaikan yang telah dilas sebelumnya; atau
- (3) diwajibkan oleh Perusahaan.

3.1.9.4 Perbaikan dengan Penggerindaan. Perbaikan dengan penggerindaan dapat digunakan untuk menghilangkan cacat pada tulangan manik akar dan lapisan penutup asalkan:

- (1) terdapat transisi mulus tanpa *undercut* dan ketidaksempurnaan lainnya antara area tanah dan logam las asli, dan
- (2) kontur permukaan pipa dan persyaratan ketebalan dinding dan logam las minimum tidak dilanggar.

Jika ketebalan minimum dinding/logam las tidak diketahui, kedalaman penggerindaan dibatasi pada penetrasi manik akar berlebih atau tulangan las eksternal. Panjang perbaikan dengan penggerindaan dan jumlah area perbaikan dengan penggerindaan tidak dibatasi. Perbaikan dengan penggerindaan tidak memerlukan penggunaan prosedur perbaikan yang memenuhi syarat.

3.1.9.5 Perbaikan Las Balik. Bila perbaikan las balik diizinkan oleh Perusahaan, prosedur perbaikan harus memenuhi syarat.

3.1.9.6 Perbaikan Ganda dengan Pengelasan. Perbaikan ganda memerlukan otorisasi sebelumnya dari Perusahaan. Perbaikan berkelanjutan terhadap logam las dengan perbaikan ganda tidak diizinkan.

3.1.9.7 Perbaikan Logam Las dan Prosedur Inspeksi. Cacat las dapat disingkirkan dengan penggerindaan, pengikisan, atau pencungkulan, ataupun kombinasi metode tersebut yang diikuti dengan perbaikan logam las. Sebelum pengelasan, alur perbaikan harus diperiksa secara visual baik oleh PT maupun MT untuk memverifikasi penyingkiran cacat las sepenuhnya. Perlakuan panas pada pemanasan awal dan antarlaluan harus sama seperti yang diperlukan untuk logam las asli. Perbaikan akhir harus secara visual diperiksa dan seluruh logam las harus diradiografi.

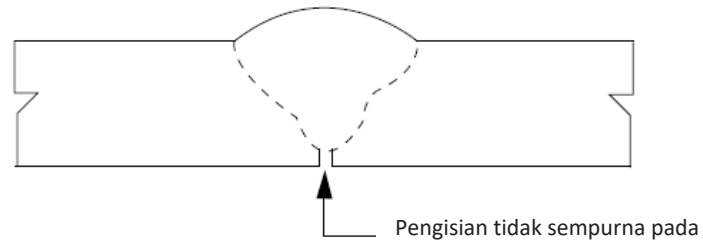
3.2 Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual

3.2.1 Penetrasi Tidak Memadai Tanpa Tinggi-Rendah (IP). Penetrasi tidak memadai tanpa tinggi-rendah didefinisikan sebagai pengisian akar las yang tidak sempurna. Kondisi ini ditunjukkan secara skematis pada Gambar C. IP akan dianggap sebagai cacat las jika salah satu kondisi berikut muncul:

3.2.1.1 Panjang indikasi IP terpisah melebihi 25 mm.

3.2.1.2 Panjang agregat indikasi IP pada setiap panjang lasan kontinu 300 mm melebihi 25 mm.

3.2.1.3 Panjang agregat indikasi IP melebihi 8% dari panjang lasan pada logam las yang panjangnya kurang dari 300 mm.



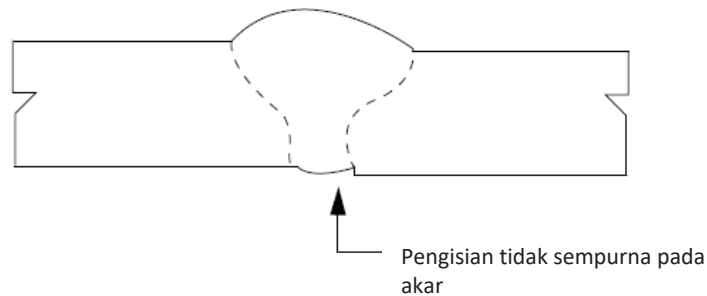
Catatan: Salah satu atau kedua permukaan akar mungkin tidak diisi secara memadai di bagian permukaan dalam.

GAMBAR C – Penetrasi Tidak Memadai Tanpa Tinggi-Rendah (IP)

3.2.2. Penetrasi Tidak Memadai karena Tinggi-Rendah (IPD). Penetrasi tidak memadai karena tinggi-rendah didefinisikan sebagai kondisi yang terjadi bila satu tepi akar terbuka (atau tidak terikat) karena sambungan pipa atau *fitting* yang berdekatan tidak sejajar. Kondisi ini ditunjukkan secara skematis pada Gambar D. IPD akan dianggap sebagai cacat las jika salah satu kondisi berikut muncul:

3.2.2.1 Panjang indikasi IPD terpisah melebihi 50 mm.

3.2.2.2 Panjang agregat indikasi IPD pada setiap panjang lasan kontinu 300 mm melebihi 75 mm.



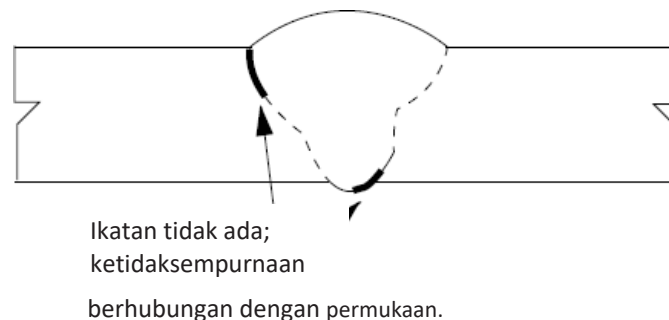
GAMBAR D – Penetrasi Tidak Memadai karena Tinggi-Rendah (IPD)

3.2.3 Fusi Tidak Sempurna (IF). Fusi tidak sempurna didefinisikan sebagai ketidaksempurnaan permukaan antara logam las dan logam dasar yang terbuka ke permukaan. Kondisi ini ditunjukkan secara skematis pada Gambar E. IF akan dianggap sebagai cacat las jika salah satu kondisi berikut terjadi:

3.2.3.1 Panjang indikasi IF terpisah melebihi 25 mm.

3.2.3.2 Panjang agregat indikasi IF pada setiap panjang lasan kontinu 300 mm melebihi 25 mm.

3.2.3.3 Panjang agregat indikasi IF melebihi 8% dari panjang las pada logam las yang panjangnya kurang dari 300 mm.



GAMBAR E – Fusi Tidak Sempurna pada Akar Manik atau Puncak Sambungan (IF)

3.2.4 Lubang Lelehan (BT). Lubang lelehan didefinisikan sebagai bagian dari manik akar saat penetrasi yang berlebihan mengakibatkan genangan las mengalir ke dalam pipa, sehingga membuat lubang atau lekuk pada manik akar las alur tunggal. BT akan dianggap sebagai cacat las jika salah satu kondisi berikut muncul:

3.2.4.1 Dimensi maksimum melebihi 6 mm.

3.2.4.2 Jumlah dimensi BT terpisah melebihi 13 mm pada setiap panjang lasan kontinu 300 mm atau total panjang lasan, mana pun yang lebih pendek.

3.2.5 Porositas (P). Porositas didefinisikan sebagai gas yang terperangkap oleh pemadatan logam las sebelum gas tersebut naik ke permukaan genangan lelehan dan menguap. Porositas umumnya berbentuk bulat, tetapi mungkin memanjang atau bentuknya tidak beraturan, seperti porositas pemipaan (lubang yang memanjang). Porositas akan dianggap sebagai cacat las jika salah satu kondisi berikut terjadi:

3.2.5.1 Ukuran pori individu melebihi 3 mm.

3.2.5.2 Ukuran pori individu melebihi 25% pada dinding nominal yang disambungkan yang disambung.

3.2.5.3 Porositas klaster (CP) yang timbul pada lapisan akhir akan dianggap sebagai cacat las jika salah satu kondisi berikut muncul:

3.2.5.3.1 Diameter klaster melebihi 13 mm.

3.2.5.3.2 Panjang agregat CP pada setiap panjang lasan kontinu 300 mm melebihi 13 mm.

3.2.6 Retak (C). Retak harus dianggap sebagai cacat las.

3.2.7 Undercut Eksternal (EU) atau Undercut Internal (IU). *Undercut* didefinisikan sebagai lelehan alur atau pengikisan logam induk yang berdekatan dengan ujung atau akar lasan dan tidak terisi oleh logam las. *Undercut* yang berdekatan dengan lapisan penutup (EU) atau laluan akar (IU) harus dianggap sebagai cacat las jika dimensi maksimum pada Tabel 4 terlampaui.

Tabel 4 – Dimensi Maksimum <i>Undercut</i> (EU atau IU)	
Kedalaman	Panjang
> 0,8 mm atau > 12,5% dari ketebalan dinding pipa, mana pun yang lebih kecil	Tidak dapat diterima
> 0,4 mm, tetapi ≤ 0,8 mm atau > 6%, tetapi ≤ 12,5% dari ketebalan dinding pipa, mana pun yang lebih kecil	50 mm pada panjang lasan kontinu 300 mm atau seperenam panjang lasan, mana pun yang lebih kecil
≤ 0,4 mm atau ≤ 6% dari ketebalan dinding pipa, mana pun yang lebih kecil	Dapat diterima, berapa pun panjangnya

3.2.8 Akumulasi Ketidaksempurnaan (AI). Kecuali IPD, EU, dan IU, setiap akumulasi ketidaksempurnaan lain yang dapat diterima seperti P, CP, IF, IP, dan BT, akan dianggap sebagai cacat las jika salah satu kondisi berikut muncul:

3.2.8.1 Panjang agregat AI pada setiap panjang lasan kontinu 300 mm melebihi 50 mm.

3.2.8.2 Panjang agregat AI melebihi 8% dari panjang lasan.

4.0 Persyaratan Pengerjaan dan Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual – Pipa Bertekanan

4.1 Persyaratan Pengerjaan

4.1.1 Ketidaksejajaran internal pada ujung yang akan disambung tidak boleh lebih dari 2 mm. Bila ketidaksejajaran internal melebihi batas yang diizinkan, sebaiknya komponen dengan dinding yang memanjang ke dalam dipangkas secara internal. Namun, setelah dipangkas, ketebalan komponen pipa tidak boleh kurang dari ketebalan minimum yang diizinkan, dan perubahan kontur tidak boleh melebihi 30 derajat.

4.1.2 Detail penyiapan tepi dan bukaan akar sambungan harus sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam WPS.

4.1.3 Permukaan pengelasan harus bersih dan bebas dari cat, minyak, karat, kerak, atau bahan lain yang mengganggu pengelasan.

4.1.4 Ujung awal dan akhir las paku harus dipersiapkan dengan penggerindaan atau metode mekanis lainnya agar dapat tergabung dalam hasil las akhir secara memuaskan. Las paku yang mengalami retak tidak dapat diterima dan harus disingkirkan serta dilas ulang.

4.1.5 Setelah pengelasan dimulai, suhu minimum pemanasan awal harus dipertahankan hingga sambungan selesai. Namun, pengelasan dapat dihentikan sementara dan sambungan dibiarkan mendingin secara perlahan asalkan las dengan ketebalan minimum 10 mm diendapkan atau 25% dari alur terisi, mana pun yang lebih sedikit.

4.1.6 Sambaran busur api di luar area pengelasan yang dimaksud tidak dapat diterima.

4.1.7 Permukaan yang dilas, termasuk pengikat, harus halus, seragam, dan tidak ada tumpang tindih.

4.1.8 Permukaan logam dasar harus bebas dari percikan.

4.1.9 Pengelasan Perbaikan. Setiap diskontinuitas yang melebihi batas maksimum yang diizinkan pada 4.2 harus dihilangkan dan dapat diperbaiki dengan pengelasan setelah area tersebut diperiksa menggunakan pengujian partikel magnetik atau penetran warna untuk memastikan diskontinuitas telah dihilangkan secara menyeluruh.

4.1.9.1 Penyingkiran Cacat Las. Semua cacat pada logam las atau logam dasar yang memerlukan perbaikan harus disingkirkan dengan pencungkilan menggunakan busur api atau nyala api, penggerindaan, pengikisan, ataupun pemesian. Pemanasan awal mungkin diperlukan untuk pencungkilan busur listrik atau nyala api pada logam paduan tertentu yang dapat mengeras saat terkena udara. Hal ini bertujuan agar permukaan yang berdekatan dengan area yang dicungkil tidak saling bersentuhan atau mengalami retak. Jika cacat las telah disingkirkan tetapi perbaikan pengelasan tidak diperlukan, permukaan harus dibentuk agar memiliki kontur yang memastikan tidak ada lekukan atau sudut tajam. Permukaan berkontur tersebut harus diperiksa ulang dengan metode yang sama seperti yang digunakan saat menemukan cacat las.

4.1.9.2 Pengelasan Perbaikan. Pengelasan perbaikan harus dilakukan sesuai dengan WPS oleh pengelas berkualifikasi, yang memahami bahwa rongga yang akan mengalami pengelasan perbaikan mungkin memiliki kontur dan dimensi berbeda dari penyiapan sambungan normal dan dapat menunjukkan kondisi batasan yang berbeda. Semua pengelasan perbaikan harus memenuhi kriteria penerimaan visual 4.2.

4.1.9.3 Inspeksi. Semua perbaikan las dengan kedalaman melebihi 25 mm atau 20% dari ketebalan penampang, mana pun yang lebih tipis (yang diukur dari permukaan pipa), harus diperiksa menggunakan radiografi dan inspeksi partikel magnetik atau penetrasi warna pada permukaan las akhir. Semua perbaikan las dengan kedalaman kurang dari 20% dari ketebalan penampang, atau 25 mm, mana pun yang lebih tipis, harus diperiksa menggunakan inspeksi partikel magnetik atau penetrasi warna pada lapisan pertama pada setiap ketebalan 6 mm logam las yang diendapkan, dan pada permukaan las akhir. Pengujian partikel magnetik atau penetrasi warna pada permukaan las akhir harus dilakukan setelah perlakuan panas setelah pengelasan (PWHT).

4.2 Kriteria Penerimaan Inspeksi Visual. Semua indikasi berikut tidak dapat diterima:

4.2.1 Retak

4.2.2 Undercut dengan kedalaman lebih dari 0,8 mm, termasuk juga pengikisan lain pada logam dasar pada ujung lasan.

4.2.3 Tulangan las lebih besar dari yang disebutkan dalam Tabel 5.

Tabel 5			
Ketebalan Logam Dasar (mm)	Ketebalan Maksimum Tulangan untuk Suhu Desain		
	>400°C	175°C - 400°C	<175°C
	mm	mm	mm
Hingga 3	2	2,5	5
Lebih dari 3 hingga 5	2	3	5
Lebih dari 5 hingga 13	2	4	5
Lebih dari 13 hingga 25	2,5	5	5
Lebih dari 25 hingga 50	3	6	6
Lebih dari 50	4	catatan (a)	catatan (a)

(a) Lebih besar dari 6 mm atau 1/8 kali lebar las.

CATATAN:

1. Untuk sambungan tumpul yang dilas ganda, batasan tulangan las yang disebutkan di atas harus berlaku secara terpisah untuk permukaan dalam dan luar sambungan.
2. Untuk sambungan tumpul yang dilas tunggal, batasan tulangan las yang disebutkan di atas hanya berlaku untuk permukaan luar sambungan.
3. Ketebalan tulangan las harus didasarkan pada ketebalan material dengan lapisan lebih tipis yang disambung.
4. Ketebalan tulangan las harus ditentukan dari permukaan yang lebih tinggi dari permukaan yang berbatasan.
5. Tulangan las dapat dilepas jika diinginkan.

4.2.4 Kurangnya fusi

4.2.5 Penetrasi tidak sempurna

4.2.6 Setiap indikasi linier dengan panjang lebih dari 5 mm

4.2.7 Porositas permukaan dengan indikasi membulat yang memiliki dimensi lebih besar dari 5 mm atau empat atau lebih indikasi membulat yang dipisahkan dengan jarak 2 mm atau kurang dari tepi ke tepi di segala arah. Indikasi membulat adalah indikasi berbentuk lingkaran atau elips dengan panjang kurang dari tiga kali lebarnya.

5.0 Persyaratan Kualifikasi Prosedur

5.1 Data Spesifikasi Prosedur Pengelasan.

Tabel 6 menunjukkan data pengelasan yang akan dimasukkan ke dalam WPS untuk setiap proses pengelasan. WPS dapat ditampilkan dalam format apa pun, baik tertulis maupun format tabel, asalkan data yang diperlukan dalam Tabel 6 disertakan. Format WPS yang disarankan muncul pada Lampiran VII. WPS dapat mencantumkan variabel yang dicatat pada PQR dalam rentang penuh yang diizinkan untuk variabel kualifikasi dan batas praktis yang ditentukan oleh organisasi pengelasan untuk data pengelasan lainnya.

Tabel 6							
Matriks Data WPS							
	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.1.1 Desain Sambungan							
(1) Jenis dan dimensi sambungan.	X		X		X		X
(2) Perlakuan sisi belakang, metode pencungkilan/penyiapan.	X		X		X		X
(3) Bahan penahan, jika digunakan.	X		X		X		X
5.1.2 Logam Dasar							
(1) Nomor M dan Nomor Kelompok.	X		X		X		X
(2) Rentang ketebalan yang memenuhi syarat.	X		X		X		X
(3) Diameter (khusus bentuk tabung).	X		X		X		X
(4) Deskripsi atau tipe pelapis, jika ada.	X		X		X		X
5.1.3 Logam Pengisi							
(1) Spesifikasi, klasifikasi, Nomor F, dan Nomor A, atau jika tidak diklasifikasikan, komposisi nominal.	X		X		X		X
(2) Ketebalan logam las berdasarkan proses dan klasifikasi logam pengisi.	X		X		X		X
(3) Ukuran atau diameter logam pengisi.	X		X		X		X
(4) Fluks penambah penetrasi.					X		
(5) Logam pengisi tambahan.	X		X		X		
(6) Logam pengisi sekali pakai dan tipenya.					X		
(7) Logam pengisi "panas" berenergi.					X		
5.1.4 Posisi							
(1) Posisi pengelasan.	X		X		X		X
(2) Progres pengelasan vertikal.	X		X		X		X

Tabel 6
Matriks Data WPS
(Lanjutan)

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.1.5 Pemanasan Awal dan Antarlaluan							
(1) Pemanasan awal minimum.	X		X		X		X
(2) Suhu maksimum antarlaluan (jika berlaku).	X		X		X		X
(3) Pemeliharaan pemanasan awal.	X		X		X		X
5.1.6 Perlakuan Panas							
(1) Suhu dan waktu PWHT.	X		X		X		X
5.1.7 Gas Pelindung							
(1) Gas pelindung pada torch las dan rentang laju aliran gas.	X		X		X		
(2) Gas pelindung pada akar dan rentang laju aliran gas.					X		
5.1.8 Listrik							
(1) Arus (atau kecepatan umpan kawat), jenis arus, dan polaritas.	X		X		X		X
(2) Rentang tegangan (kecuali untuk pengelasan manual).	X		X		X		
(3) Spesifikasi, klasifikasi, dan diameter elektrode tungsten.					X		
(4) Mode transfer.	X		X				
(5) Perubahan ke atau dari arus berdenyut.	X		X		X		X
5.1.9 Variabel							
(1) Proses pengelasan dan apakah bersifat manual, semiotomatis, mekanis, atau otomatis.	X		X		X		X
(2) Untuk elektrode tunggal atau multielektrode, mekanis atau otomatis, dan penentuan jarak.	X		X		X		
(3) Lapisan tunggal atau multilaluan.	X		X		X		X
(4) Jarak tabung kontak yang digunakan.	X		X				
(5) Pembersihan.	X		X		X		X
(6) Pengerjaan permukaan logam.	X		X		X		X
(7) Manik lurus atau zig-zag.	X		X		X		X
(8) Rentang kecepatan las untuk pengelasan mekanis atau otomatis dan aplikasi manual yang memerlukan kalkulasi input panas.	X		X		X		

5.2 Variabel Kualifikasi Prosedur. Perubahan WPS di luar batas yang diizinkan dalam klausul ini memerlukan kualifikasi ulang prosedur serta penyusunan WPS baru atau WPS yang direvisi. Perubahan yang tidak dibahas dalam klausul ini tidak memerlukan kualifikasi ulang, asalkan perubahan tersebut didokumentasikan dalam WPS baru atau yang direvisi.

5.2.1 Lasan Uji. Organisasi pengelasan harus menyiapkan sejumlah lasan uji kualifikasi yang memadai untuk mencakup proses, bahan, ketebalan, dsb. yang diantisipasi sebagaimana dijelaskan di sini. Setiap lasan uji alur harus cukup besar untuk menyediakan spesimen uji penting yang diwajibkan pada 5.3.

5.2.1.1 Untuk pengelasan logam dasar dengan Nomor M yang berbeda, uji kualifikasi prosedur harus dilakukan untuk setiap kombinasi Nomor M yang akan disambungkan. Namun, uji kualifikasi prosedur dengan satu Nomor M juga harus memenuhi syarat untuk logam yang dilas ke logam itu sendiri dan ke masing-masing logam dengan Nomor M yang lebih rendah untuk:

- (1) Logam dasar M-1, M-3, M-4, dan M-5A; dan
- (2) Proses pengelasan SMAW, GTAW, GMAW, dan FCAW.

(Contoh: M-5A ke M-5A akan memenuhi syarat untuk M-5A ke M-5A, demikian juga M-5A ke M-4, M-5A ke M-3, dan M-5A ke M-1. Lihat Lampiran III-A dan III-B untuk daftar Nomor M logam dasar)

5.2.1.2 Jika pengujian tahanan patah diperlukan, maka kualifikasi prosedur harus dibuat untuk setiap kombinasi Nomor M dan Nomor Kelompok yang akan disambungkan. Kualifikasi prosedur harus dibuat untuk setiap kombinasi Nomor M dan Nomor Kelompok logam dasar, meskipun uji kualifikasi prosedur telah dilakukan masing-masing untuk kedua logam dasar yang dilas ke logam itu sendiri.

(1) Jika Spesifikasi Prosedur Pengelasan (WPS) untuk pengelasan kombinasi logam dasar menetapkan variabel kualifikasi yang sama, termasuk elektrode atau logam pengisi, seperti kedua WPS untuk pengelasan masing-masing logam dasar ke logam itu sendiri, sehingga logam dasar tersebut menjadi satu-satunya perubahan, maka WPS untuk pengelasan kombinasi logam dasar tersebut juga memenuhi syarat.

(2) Jika logam dasar dengan dua Nomor M dan Nomor Kelompok yang berbeda dikualifikasi menggunakan satu lasan uji, maka lasan uji tersebut mengualifikasikan pengelasan logam dasar dengan kedua Nomor M dan Nomor Kelompok tersebut ke logam itu sendiri serta ke satu sama lain menggunakan variabel yang memenuhi syarat.

5.2.2 Batasan Ketebalan Kualifikasi

5.2.2.1 Batasan rentang ketebalan yang dikualifikasi oleh uji kualifikasi prosedur tercantum pada Tabel 7.

5.2.2.2 Batasan pada Tabel 7 didasarkan pada ketebalan logam dasar dan logam las untuk las alur.

5.2.2.3 Las alur penetrasi lengkap juga harus memenuhi syarat untuk las alur penetrasi parsial, las sudut, dan penumpukan las dalam batasan kualifikasi yang tercantum pada Tabel 7.

5.2.2.4 Selain data pengelasan yang harus disertakan dalam WPS di bagian 5.1, saat beberapa proses pengelasan atau beberapa klasifikasi logam pengisi digunakan dalam satu lasan uji, rentang ketebalan yang diizinkan untuk digunakan dalam WPS harus berlaku secara terpisah untuk setiap proses pengelasan dan klasifikasi logam pengisi. Ketebalan endapan las untuk setiap proses pengelasan dan setiap klasifikasi logam pengisi yang digunakan dalam uji kualifikasi harus dicatat pada PQR.

5.2.2.5 Selain variabel kualifikasi prosedur yang harus dicatat pada PQR di bagian 5.2.3, ketebalan endapan las untuk setiap proses pengelasan dan setiap klasifikasi logam pengisi yang digunakan dalam uji kualifikasi harus dicatat pada PQR untuk semua aplikasi.

Tabel 7
Batasan Ketebalan Pelat dan Pipa Las Alur untuk
Kualifikasi Prosedur

Lasan Uji Ketebalan (T), mm ^a	Ketebalan Logam Dasar yang Memenuhi Syarat ^{b,c,d,e,f}		Ketebalan Endapan Logam Las yang Memenuhi Syarat (t) ^{b, g}
	Minimum, mm	Maksimum, mm	Maksimum, mm
Kurang dari 2	1/2T	2T	2t
2 hingga 10	2	2T	2t
Lebih dari 10, tetapi kurang dari 19	5	2T	2t
19 hingga kurang dari 38	5	2T	2 t jika t < 19 2 T jika t ≥ 19
38 to less than 150	5	200	2 t jika t < 19 200 jika t ≥ 19
150 ke atas	25	1,33T	2 t jika t < 19 200 jika 19 ≤ t < 150 1,33 t jika t ≥ 150

(a) Jika alur diisi menggunakan kombinasi proses pengelasan:

- (1) Ketebalan lasan uji "T" berlaku untuk logam dasar dan harus ditentukan dari kolom Ketebalan Logam Dasar yang Memenuhi Syarat.
- (2) Ketebalan "t" logam las untuk setiap proses pengelasan ditentukan dari kolom ketebalan Endapan Logam Las.
- (3) Setiap proses pengelasan yang memenuhi syarat dengan metode kombinasi ini hanya dapat digunakan secara terpisah dalam variabel kualifikasi dan batasan ketebalan yang sama.

(b) Untuk GMAW-S, ketebalan maksimum logam dasar yang memenuhi syarat adalah 1,1 kali ketebalan lasan uji hingga ketebalan lasan uji adalah 13 mm. Jika melebihi itu, maka berlaku Tabel 7. Ketebalan maksimum logam las yang memenuhi syarat adalah 1,1 kali ketebalan logam las GMAW-S yang diendapkan dalam pengelasan. Selain itu, untuk ketebalan 10 mm ke atas, uji lengkung sisi harus digunakan untuk mengualifikasikan WPS GMAW-S.

(c) Untuk aplikasi tahan patah, ketebalan logam dasar minimum yang memenuhi syarat adalah T atau 16 mm, mana pun yang lebih kecil.

(d) Jika ada lapisan tunggal yang tebalnya melebihi 13 mm pada logam dasar lasan uji, maka ketebalan logam dasar yang memenuhi syarat adalah 1,1 kali ketebalan lasan uji.

(e) Jika lasan uji menerima perlakuan panas setelah pengelasan yang melebihi batas bawah suhu transformasi, maka ketebalan maksimum logam dasar yang memenuhi syarat adalah 1,1 kali ketebalan logam dasar lasan uji, dan ketebalan las maksimum yang memenuhi syarat adalah 1,1 kali logam las lasan uji.

(f) Untuk logam dasar yang sama dengan atau kurang dari 10 mm, las sudut memiliki kualifikasi ketebalan logam dasar yang sama dengan las alur. Untuk ketebalan logam dasar yang lebih dari 10 mm, ketebalan maksimum logam dasar yang memenuhi syarat untuk las sudut tidak terbatas.

(g) Batasan ketebalan endapan logam las tidak berlaku untuk las sudut atau penumpukan las.

CATATAN:

T = Ketebalan Logam Dasar Lasan Uji.

t = Ketebalan Endapan Las, tidak termasuk tulangan las.

5.2.3 Tabel 8 mencantumkan variabel kualifikasi prosedur yang akan dicatat pada PQR untuk setiap proses pengelasan. Perubahan variabel kualifikasi prosedur di luar batasan yang ditunjukkan pada Tabel 8 akan memerlukan WPS baru atau yang direvisi serta PQR baru. PQR harus mencantumkan nilai aktual variabel yang digunakan. Kunci untuk entri dalam badan tabel adalah sebagai berikut:

Q — Variabel kualifikasi untuk semua aplikasi

T — Variabel kualifikasi untuk semua aplikasi tahan patah

Tabel 8
Matriks Data
PQR

	F C A W	G M A W	G T A W	S M A W
5.2.3.1 Desain Sambungan				
(1) Perubahan dari las sudut menjadi las alur.	Q	Q	Q	Q
(2) Perubahan Nomor M penahan.	Q	Q	Q	Q
5.2.3.2 Logam Dasar				
(1) Perubahan ketebalan logam dasar di luar rentang yang diizinkan di bagian 5.2.2.	Q	Q	Q	Q
(2) Perubahan dari satu logam dasar Nomor M ke logam dasar Nomor M lainnya atau ke kombinasi logam dasar Nomor M, kecuali sebagaimana diizinkan di bagian 5.2.1.1.	Q	Q	Q	Q
(3) Perubahan dari satu Nomor Kelompok Nomor M ke Nomor Kelompok Nomor M lainnya, kecuali sebagaimana diizinkan di bagian 5.2.1.2.	T	T	T	T
(4) Perubahan dari satu kelompok M-5 (A, B, dsb.) ke kelompok lainnya. Perubahan dari M-9A ke M-9B, tetapi tidak sebaliknya. Perubahan dari satu kelompok M-10 atau M-11 (A, B, dsb.) ke kelompok lainnya.	Q	Q	Q	Q
5.2.3.3 Logam Pengisi				
(1) Perubahan dari satu Nomor F ke Nomor F lainnya atau ke logam pengisi apa pun yang tidak tercantum dalam Lampiran II.	Q	Q	Q	Q
(2) Untuk bahan yang mengandung besi, perubahan dari satu Nomor A ke Nomor A lainnya.	Q	Q	Q	Q

Tabel 8
Matriks Data PQR
(Lanjutan)

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.2.3.3 Logam Pengisi (Lanjutan)							
(3) Perubahan kekuatan tarik logam pengisi yang melebihi 60 MPa, atau perubahan logam pengisi yang diklasifikasikan ke dalam kekuatan yang lebih rendah dari penanda kekuatan tarik minimum yang ditetapkan pada logam dasar.	Q		Q		Q		Q
(4) Penambahan atau peniadaan bahan pengisi.					Q		
(5) Perubahan ketebalan logam las di luar yang diizinkan di bagian 5.2.2.	Q		Q		Q		Q
5.2.3.4 Suhu Pemanasan Awal dan Antarlaluan							
(1) Penurunan pada suhu pemanasan awal lebih dari 55 °C dari yang memenuhi syarat.	Q		Q		Q		Q
	T		T		T		T
(2) Peningkatan lebih dari 55 °C pada suhu antarlaluan maksimum dari yang tercatat pada PQR.							
5.2.3.5 Perlakuan Panas Setelah Pengelasan							
(1) Untuk Nomor M berikut, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, dan 11, perubahan dari satu kondisi ke kondisi lain memerlukan kualifikasi ulang: (a) Tanpa PWHT. (b) PWHT di bawah batas minimum suhu transformasi. (c) PWHT dalam rentang suhu transformasi. (d) PWHT di atas batas maksimum suhu transformasi. (e) PWHT di atas batas maksimum suhu transformasi, diikuti oleh perlakuan di bawah batas minimum suhu transformasi.	Q		Q		Q		Q
(2) Untuk semua bahan yang tidak dibahas di atas, PQR terpisah diperlukan untuk tanpa PWHT dan PWHT.	Q		Q		Q		Q

Tabel 8
Matriks Data PQR
(Lanjutan)

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.2.3.6 Gas Pelindung							
(1) Penambahan atau peniadaan gas pelindung pada <i>torch</i> .	Q		Q		Q		
(2) Perubahan komposisi nominal gas pelindung yang ditentukan.	Q		Q		Q		
5.2.3.7 Karakteristik Listrik	T		T		T		T
(1) Peningkatan input panas atau volume logam las yang diendapkan per satuan panjang las, melebihi yang memenuhi syarat, kecuali jika perlakuan panas austenisasi pemurnian butiran diterapkan setelah pengelasan. Peningkatan tersebut dapat diukur dengan salah satu rumus berikut: (a) Input Panas (kJ/mm) = $\frac{\text{Volt} \times \text{Ampere} \times 0,06}{\text{Kecepatan Las (mm/mnt)}}$ (b) Volume Logam Las–Peningkatan ukuran manik (lebar x tebal) atau penurunan panjang manik las per satuan panjang elektrode.							
(2) Perubahan mode transfer logam dari hubungan arus pendek ke globular, semprot, atau berdenyut, dan sebaliknya.	Q		Q				
5.2.3.8 Variabel Lainnya	Q		Q		Q		Q
(1) Perubahan proses pengelasan.	T		T		T		
(2) Perubahan variabel osilasi yang melebihi $\pm 20\%$ untuk pengelasan mekanis atau otomatis.	T		T		T		T
(3) Perubahan dari multilaluan per sisi menjadi lapisan tunggal per sisi.	T		T		T		T
(4) Perubahan dari manik lurus menjadi manik zig-zag pada pengelasan naik vertikal.	T		T		T		T

5.3 Persyaratan Uji Kualifikasi Prosedur

5.3.1 Evaluasi Lasan Uji Alur. Lasan uji harus mendapat perlakuan berikut:

- (1) Pemeriksaan Visual
- (2) Uji Lengkung Terpandu
 - (a) 4 spesimen lengkung sisi, atau
 - (b) 2 spesimen lengkung muka dan 2 spesimen lengkung akar

Spesimen lengkung sisi dapat diganti dengan spesimen lengkung muka dan akar untuk ketebalan logam inklusif dari 10 hingga 19 mm. Untuk logam dengan ketebalan lebih dari 19 mm, diperlukan spesimen lengkung sisi. Untuk logam dasar dengan ketebalan 10 mm dan lebih besar, spesimen lengkung sisi diperlukan untuk GMAW-S.

- (3) Uji Ketegangan
 - (a) 2 spesimen melintang
- (4) Tahan Patah CVN (jika diperlukan)
 - (a) 3 spesimen dari logam las
 - (b) 3 spesimen dari HAZ

5.4 Kriteria Penerimaan Kualifikasi Prosedur

5.4.1 Kriteria Penerimaan Pemeriksaan Visual. Sebelum melepaskan spesimen kosong dari lasan uji yang telah selesai, semua permukaan las yang dapat diakses harus diperiksa secara visual dan las tersebut harus memenuhi kriteria berikut:

- 5.4.1.1** Tidak boleh ada bukti retak, fusi tidak sempurna, atau penetrasi sambungan tidak sempurna.
- 5.4.1.2** Kedalaman *undercut* tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari 10% ketebalan logam dasar atau 0,8 mm.
- 5.4.1.3** Porositas tidak boleh melampaui batasan klausul 2.0, 3.0, atau 4.0, sebagaimana berlaku.

5.4.2 Kriteria Lengkung. Spesimen lengkung melintang harus disiapkan sebagaimana ditentukan dalam Lampiran IV. Radius tepi spesimen tidak boleh melebihi 3 mm. Arah penggerindaan spesimen sebaiknya sejajar dengan arah lengkungan, meskipun tidak wajib. Untuk spesimen lengkung muka, sisi muka las harus berada pada sisi cembung spesimen lengkung. Untuk spesimen lengkung akar, sisi akar las harus berada pada sisi cembung spesimen lengkung. Spesimen lengkung sisi dapat dilengkungkan ke arah mana pun. Untuk semua spesimen lengkung melintang, logam las dan zona yang terkena panas harus sepenuhnya berada dalam bagian spesimen yang melengkung setelah pelengkungan.

Kecuali jika ditentukan lain, spesimen yang mengandung diskontinuitas yang dapat ditolak harus dianggap gagal, terlepas dari kesesuaiannya terhadap persyaratan penyiapan atau pelengkungan. Spesimen yang tidak memenuhi persyaratan penyiapan atau pelengkungan dan tidak mengandung diskontinuitas yang dapat ditolak harus diabaikan dan spesimen pengganti yang disiapkan dari lasan asli harus diuji.

Permukaan cembung spesimen uji lengkung (dimulai dari tepi spesimen dan termasuk radius tepi spesimen) harus diperiksa secara visual dan memenuhi persyaratan 5.4.2.1, 5.4.2.2, atau 5.4.2.3, sebagaimana berlaku.

5.4.2.1 Penerapan Baja Struktur. Agar dapat diterima, permukaannya tidak boleh mengandung diskontinuitas pada las atau zona yang terkena panas sesuai dengan ketentuan berikut:

- (1) >3 mm diukur dari arah mana pun pada permukaan, atau
- (2) >10 mm — jumlah dimensi terbesar dari semua diskontinuitas yang melebihi 0,8 mm, tetapi kurang dari atau sama dengan 3 mm, atau
- (3) 6 mm — retak sudut maksimum, kecuali jika retak sudut tersebut diakibatkan oleh inklusi terak yang tampak atau diskontinuitas jenis fusi lainnya, maka retak maksimum 3 mm akan berlaku.

Spesimen yang memiliki retak sudut melebihi 6 mm tanpa bukti adanya inklusi terak atau diskontinuitas jenis fusi lainnya harus diabaikan, dan spesimen uji pengganti dari lasan asli harus diuji.

5.4.2.2 Penerapan Rangkaian Pipa. Uji lengkung harus dianggap dapat diterima jika tidak ada retak atau ketidaksempurnaan lain yang melebihi 3 mm atau setengah dari ketebalan dinding yang ditentukan, mana pun yang lebih kecil, di segala arah yang terdapat pada las atau di antara zona fusi dan las setelah pelengkungan. Retak yang berasal dari radius luar lengkungan di sepanjang tepi spesimen selama pengujian dan yang berukuran kurang dari 6 mm, diukur dari arah mana pun, tidak boleh dipertimbangkan kecuali jika tampak ketidaksempurnaan yang jelas.

5.4.2.3 Penerapan Pipa Bertekanan. Agar dapat diterima, permukaannya tidak boleh mengandung diskontinuitas pada las atau zona yang terkena panas sesuai dengan ketentuan berikut:

- (1) >3 mm diukur dari arah mana pun pada permukaan.
- (2) Diskontinuitas terbuka yang terjadi pada sudut spesimen selama pengujian tidak boleh dipertimbangkan dan spesimen uji pengganti dari lasan asli harus diuji kecuali jika ada bukti pasti bahwa diskontinuitas terbuka tersebut disebabkan oleh kurangnya fusi, inklusi terak, atau diskontinuitas internal lainnya.

5.4.3 Kriteria Uji Ketegangan. Prosedur dan metode pengujian ketegangan harus sesuai dengan AWS B4.0, *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds*. (Catatan: B4.0 dirujuk, tetapi tidak diperlukan saat mengikuti ujian ini.) Setiap spesimen uji tarik harus memiliki kekuatan tarik tidak kurang dari berikut:

5.4.3.1 Kekuatan tarik minimum logam dasar sebagaimana ditentukan dalam Lampiran III-B, atau mana pun yang lebih lemah dari kedua logam dasar jika logam dengan kekuatan tarik minimum berbeda digunakan; atau

5.4.3.2 Kekuatan tarik minimum klasifikasi elektrode atau logam pengisi yang ditentukan saat logam pengisi yang digunakan tidak cocok; atau

5.4.3.3 Jika spesimen patah pada logam dasar di luar las atau antarmuka las, maka spesimen uji tersebut harus diterima, asalkan kekuatannya tidak lebih dari 5% di bawah kekuatan tarik minimum logam dasar yang ditentukan; atau

5.4.3.4 Jika logam dasar tidak memiliki kekuatan tarik minimum yang ditentukan, maka kegagalan pada logam dasar dapat diterima.

5.4.4 Kriteria Tahan Patah CVN. Untuk pengujian tahan patah, jenis pengujian, jumlah spesimen, dan kriteria penerimaan harus sebagaimana ditentukan. Prosedur dan peralatan harus sesuai dengan persyaratan AWS B4.0, *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds*. (Catatan: B4.0 dirujuk, tetapi tidak diperlukan saat mengikuti ujian ini.)

5.5 Dokumentasi Kualifikasi Prosedur. Variabel pengelasan yang digunakan untuk menghasilkan lasan uji yang dapat diterima dan hasil uji yang dilakukan pada lasan tersebut untuk mengualifikasikan WPS harus dicatat pada Catatan Kualifikasi Prosedur Pengelasan (PQR). PQR dapat disajikan dalam format apa pun, tertulis atau tabel. Format yang disarankan untuk PQR disertakan dalam Lampiran VIII. WPS harus merujuk ke semua PQR yang mendukung kualifikasi WPS tersebut.

6.0 Persyaratan Kualifikasi Performa

6.1 Umum

6.1.1 Spesifikasi ini membahas persyaratan untuk kualifikasi performa pengelas. Spesifikasi ini tidak berisi persyaratan untuk operator pengelasan atau pengelas las paku. Las paku harus dilakukan oleh pengelas yang memenuhi syarat sesuai dengan spesifikasi ini.

6.1.2 Kualifikasi pengelas pada satu WPS juga akan memenuhi syarat untuk pengelasan dengan WPS lainnya dalam variabel kualifikasi performa yang ditentukan di bagian 6.2.

6.1.3 Penyelesaian uji kualifikasi performa atau prosedur yang dapat diterima akan menjadikan pengelas yang mengelas lasan uji memenuhi syarat dalam batasan variabel kualifikasi performa yang ditentukan di bagian 6.2.

6.1.4 Kualifikasi pada las alur penetrasi sambungan yang sempurna juga menjadikan pengelas memenuhi syarat untuk las alur penetrasi sambungan parsial dan las sudut. Kualifikasi pada las alur penetrasi sambungan parsial hanya memenuhi syarat untuk las alur penetrasi sambungan parsial dan las sudut.

6.2 Variabel Kualifikasi Performa

Perubahan variabel apa pun yang tercantum di bawah dari yang digunakan dalam uji kualifikasi pengelas akan mengharuskan pengelas tersebut dikualifikasi ulang:

(1) Perubahan proses pengelasan kecuali pengelas yang memenuhi syarat dengan GMAW semprot, semprot berdenyut, atau transfer globular juga memenuhi syarat untuk mengelas dengan FCAW yang dilindungi gas dan sebaliknya.

(2) Peniadaan penahan.

(3) Perubahan Nomor F logam pengisi kecuali sebagaimana diizinkan di bagian 6.3.2.2.

(4) Perubahan logam dasar kecuali sebagaimana diizinkan di bagian 6.3.2.1.

(5) Untuk GTAW, perubahan dari arus bolak-balik ke arus searah atau sebaliknya, atau perubahan polaritas.

(6) Perubahan posisi dari yang memenuhi syarat, kecuali sebagaimana diizinkan di bagian 6.3.2.3.

(7) Perubahan progres las vertikal dari naik menjadi turun, atau sebaliknya, untuk setiap laluan kecuali laluan akar yang disingkirkan seluruhnya dengan pencungkilan belakang atau lapisan akhir yang digunakan untuk merapikan permukaan las akhir.

(8) Untuk GMAW, perubahan dari transfer semprot, transfer globular, atau pengelasan semprot berdenyut ke transfer hubungan arus pendek; atau sebaliknya.

(9) Untuk GMAW atau GTAW, peniadaan atau penambahan logam pengisi sekali pakai, atau peniadaan gas pelindung pada akar kecuali untuk sambungan tumpul las ganda, alur penetrasi parsial, dan las sudut.

(10) Perubahan ketebalan atau diameter dari yang diuji kecuali sebagaimana diizinkan dalam Tabel 9 dan 10.

Tabel 9
Batasan Kualifikasi Performa Las Alur pada Pipa dan Tabung

Lasan Uji, mm		Memenuhi Syarat untuk Pipa dan Pelat			
		Diameter Luar Minimum, mm		Ketebalan Endapan Maksimum	
Diameter Luar	Ketebalan Endapan (t)	Alur	Sudut	Alur	Sudut
Kurang dari 25		Ukuran yang dilas	Semua		
25 hingga 73		25	Semua		
Lebih dari 73		73	Semua		
	Kurang dari 19			2 t	Semua
	19 ke atas			Tanpa batas	Semua

t = Ketebalan Endapan Las, tidak termasuk tulangan las. Catatan:

Untuk GMAW-S, ketebalan maksimum logam las yang memenuhi syarat tidak boleh melebihi 1,1 kali ketebalan logam las yang diendapkan melalui proses GMAW-S dalam uji kualifikasi. Untuk logam dasar dengan ketebalan 10 mm dan lebih besar, spesimen lengkung sisi diperlukan untuk GMAW-S.

Tabel 10
Batasan Kualifikasi Performa Las Alur Pelat

Ketebalan Lasan Uji (T), mm	Memenuhi syarat untuk Pelat ^a	
	Ketebalan Endapan (t), Maksimum ^b	Ukuran Las Sudut
< 19	2 t	Tanpa batas
≥ 19	Tanpa batas	Tanpa batas

^a Kualifikasi pada pelat juga akan memenuhi syarat untuk las alur pada pipa dengan diameter lebih dari 600 mm.

^b Untuk GMAW-S, ketebalan logam las maksimum yang memenuhi syarat tidak boleh melebihi 1,1 kali ketebalan logam las yang diendapkan melalui proses GMAW-S dalam uji kualifikasi. Untuk logam dasar dengan ketebalan 10 mm dan lebih besar, spesimen lengkung sisi diperlukan untuk GMAW-S.

CATATAN:

T = Ketebalan Logam Dasar Lasan Uji.

t = Ketebalan Endapan Las, tidak termasuk tulangan las.

6.3 Persyaratan Uji Kualifikasi Performa

6.3.1 Kualifikasi berdasarkan Uji Standar. Kualifikasi memerlukan penyelesaian lasan uji standar sesuai WPS yang memenuhi syarat, evaluasi lasan uji dengan metode yang tercantum dalam Tabel 11, dan penerimaan las sesuai kriteria 6.4, Kriteria Penerimaan Pemeriksaan. Jumlah uji lengkung yang diperlukan untuk setiap posisi dan bentuk produk ditunjukkan dalam Tabel 12.

Tabel 11
Persyaratan Ujian untuk Kualifikasi Performa

	Tabung atau Lembaran Kurang dari 2 mm	Pipa atau Pelat Setara atau Lebih Besar dari 2 mm
Jenis Pengujian	Alur	Alur
Pemeriksaan Visual	Ya	Ya
Radiografi	Tidak	Ya ^a (sebagai pengganti lengkung)
Uji Lengkung	Tidak	Ya ^{a, b}

^a Radiografi dapat diganti dengan uji lengkung untuk proses SMAW, GTAW, GMAW (kecuali hubungan arus pendek), dan FCAW, sebagaimana berlaku, untuk kualifikasi.

^b Lihat Tabel 12.

Tabel 12
Jumlah Uji Lengkung untuk Kualifikasi Performa
Bentuk Produk

	Pelat	Pipa	Tabung	Lembaran
1G	2	2	2	2
2G	2	2	2	2
3G	2	—	—	2
4G	2	—	—	2
5G	—	4	4	—
6G	—	4	4	—

6.3.2 Lasan Uji

6.3.2.1 Kualifikasi hanya berlaku untuk logam yang memiliki Nomor M sama, kecuali diizinkan lain dalam Tabel 13.

6.3.2.2 Pengujian harus dilakukan menggunakan logam pengisi yang memiliki Nomor F yang ditetapkan sebagaimana tercantum dalam Lampiran II. Tabel 14 menyediakan matriks yang menunjukkan logam pengisi yang, jika digunakan dalam pengujian kualifikasi, akan membuat pengelas tersebut memenuhi syarat untuk menggunakan logam pengisi lain tanpa pengujian lebih lanjut. Pengujian menggunakan logam pengisi yang tidak diberi Nomor F dalam Lampiran II hanya memenuhi syarat untuk logam pengisi tersebut.

6.3.2.3 Kupon uji yang dilas pada posisi uji tertentu akan membuat pengelas memenuhi syarat untuk mengelas pelat atau pipa sebagaimana diizinkan dalam Tabel 15.

6.3.2.4 Satu proses pengelasan atau lebih dapat memenuhi syarat untuk dilakukan pada satu lasan uji. Beberapa pengelas dapat memenuhi syarat untuk bagian-bagian tertentu dari satu pengujian. Kegagalan bagian mana pun dari lasan uji tersebut merupakan kegagalan untuk seluruh proses dan pengelas yang terlibat dalam lasan uji tersebut.

Tabel 13
Logam Dasar yang Diizinkan untuk Kualifikasi Performa

Bahan Lasan Uji ^a	Memenuhi Syarat untuk Bahan Pengelasan Produksi
------------------------------	---

M-1 hingga M-11	M-1 hingga M-11
-----------------	-----------------

^a Jika bahan yang tidak tercantum dalam Lampiran III digunakan untuk uji kualifikasi, maka pengelas hanya akan memenuhi syarat untuk mengelas pada bahan yang digunakan dalam lasan uji.

Tabel 14
Logam Pengisi yang Diizinkan untuk Kualifikasi Performa

Logam Pengisi yang Digunakan Dalam Uji Kualifikasi	Membuat Pengelas Memenuhi Syarat untuk Menggunakan Logam Pengisi yang Tercantum di Bawah
--	--

Nomor F 1 hingga 5	Nomor F yang digunakan dalam pengujian dan Nomor F yang lebih rendah
--------------------	--

Nomor F 6 ^a	Semua logam pengisi Nomor F 6
------------------------	-------------------------------

^a Kawat padat tidak berisolasi yang diendapkan, yang tidak tercakup dalam spesifikasi AWS, tetapi sesuai dengan analisis Nomor A pada Lampiran I dapat dianggap diklasifikasikan sebagai Nomor F 6.

Tabel 15
Batasan Posisi untuk Uji Performa

Posisi Uji ^d		Posisi yang Memenuhi Syarat ^c		
		Alur		Sudut
Las	Posisi	Pelat dan Pipa dengan O.D lebih dari 600 mm.	Pipa $\leq$ 600 mm O.D.	Pelat dan Pipa
Alur Pelat	1G	F		F, H
	2G	F, H		F, H
	3G	F, V		F, H, V
	4G	F, O		F, H, O
	3G dan 4G	F, V, O		Semua
	2G, 3G, dan 4G	Semua		Semua
Sudut Pelat	1F	—	—	F
	2F	—	—	F, H
	3F	—	—	F, H, V
	4F	—	—	F, H, O
	3F dan 4F	—	—	Semua
Alur Pipa ^{a,b}	1G	F	F	F, H
	2G	F, H	F, H	F, H
	5G	F, V, O	F, V, O	Semua
	6G	Semua	Semua	Semua
	2G dan 5G	Semua	Semua	Semua
Sudut Pipa	1F	—	—	F
	2F	—	—	F, H
	2FR	—	—	F, H
	4F	—	—	F, H, O
	5F	—	—	Semua

^a Pengelas yang memenuhi syarat pada bentuk produk tubular dapat mengelas pada tubular dan pelat sesuai batasan diameter yang tercantum di bagian lain dari dokumen ini.

^b Lihat Tabel 9.

^c F = Datar, H = Horizontal, V = Vertikal, O = Atas.

^d Definisi posisi uji pengelasan adalah sebagaimana didefinisikan dalam AWS A3.0, "Istilah dan Definisi Pengelasan Standar".

6.4 Kriteria Penerimaan Kualifikasi Performa

6.4.1 Visual. Prosedur pemeriksaan dan kriteria penerimaan akan sebagaimana ditentukan dalam paragraf berikut.

6.4.1.1 Prosedur Pemeriksaan Visual. Lasan uji dapat diperiksa secara visual setiap saat, dan pengujian akan dihentikan pada tahap mana pun jika keterampilan yang diperlukan tidak ditunjukkan. Hasil las uji jadi harus diperiksa secara visual.

6.4.1.2 Kriteria Penerimaan Pemeriksaan Visual. Kriteria penerimaan untuk pemeriksaan visual pelat uji standar dan lasan pipa adalah sebagai berikut:

- (1) Tidak ada retak atau fusi tidak sempurna.
- (2) Tidak ada penetrasi sambungan yang tidak sempurna pada las alur, kecuali jika las alur penetrasi sambungan parsial ditentukan.
- (3) Kedalaman *undercut* tidak boleh melebihi yang lebih kecil dari 10% ketebalan logam dasar atau 0,8 mm.
- (4) Tulangan las muka atau tulangan las akar tidak boleh lebih dari 3 mm.
- (5) Tidak ada pori tunggal yang diameternya melebihi 2,5 mm.

6.4.2 Uji Lengkung. Persyaratan pengujian lengkung dan kriteria penerimaan adalah sebagaimana ditentukan dalam 5.3.1(2) dan 5.4.2.

6.5 Dokumentasi Kualifikasi Performa

Uji kualifikasi untuk setiap pengelas harus didokumentasikan untuk pengujian yang dapat diterima dan tidak dapat diterima. Tidak ada format yang diwajibkan untuk Catatan Uji Kualifikasi Performa Pengelas (WQTR). Semua formulir WQTR dapat digunakan. Lihat Lampiran IX untuk format yang disarankan. Dokumentasinya harus:

- (1) Menyebutkan WPS yang digunakan;
- (2) Membahas masing-masing variabel kualifikasi dalam 6.2;
- (3) Menyebutkan metode pengujian dan pemeriksaan yang digunakan serta hasilnya; dan
- (4) Menyebutkan batasan kualifikasi pengelas.

Lampiran I (Normatif) – Tabel Nomor A

Klasifikasi Logam Las Besi untuk Kualifikasi Prosedur

Nomor A	Jenis Logam Las	Komposisi Kimia, wt %					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Rendah karbon	0,20	0,20	0,30	0,50	1,60	1,00
2	Karbon-Molibdenum	0,15	0,50	0,40–0,65	0,50	1,60	1,00
3	Kromium-Molibdenum	0,15	0,40–2,00	0,40–0,65	0,50	1,60	1,00
4	Kromium-Molibdenum	0,15	2,00–4,00	0,40–1,50	0,50	1,60	2,00
5	Kromium-Molibdenum	0,15	4,00–10,5	0,40–1,50	0,80	1,20	2,00
6	Kromium, martensitik	0,15	11,00–15,0	0,70	0,80	2,00	1,00
7	Kromium, feritik	0,15	11,00–30,0	1,00	0,80	1,00	3,00
8	Kromium-Nikel	0,15	14,50–30,0	4,00	7,50–15,00	2,50	1,00
9	Kromium-Nikel	0,30	19,0–30,0	6,00	15,0–37,00	2,50	1,00
10	Nikel	0,15	0,50	0,55	0,80–4,00	1,70	1,00
11	Mangan-Molibdenum	0,17	0,50	0,25–0,75	0,85	1,25–2,25	1,00
12	Nikel-Kromium-Molibdenum	0,15	1,50	0,25–0,80	1,25–2,80	0,75–2,25	1,00

Catatan:

Nilai tunggal dalam tabel ini adalah nilai maksimum.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

Lampiran II (Normatif) – Tabel Nomor F

Pengelompokan Elektrode dan Batang Las untuk Kualifikasi		
No. F	Spesifikasi AWS	Klasifikasi AWS
Baja		
1	A5.1	EXX20, EXX22, EXX24, EXX27, EXX28
1	A5.4	EXXX(X)-26
1	A5.5	EXX20-XX, EXX27-XX
2	A5.1	EXX12, EXX13, EXX14, EXX19
2	A5.5	E(X)XX13-XX
3	A5.1	EXX10, EXX11
3	A5.5	E(X)XX10-XX, E(X)XX11-XX
4	A5.1	EXX15, EXX16, EXX18, EXX18M, EXX48
4	A5.4 selain austenitik dan dupleks	EXXX(X)-15, EXXX(X)-16, EXXX(X)-17
4	A5.5	E(X)XX15-XX, E(X)XX16-XX, E(X)XX18-XX, E(X)XX18M, E(X)XX18M1, E(X)XX45-P2
5	A5.4 austenitik dan dupleks	EXXX(X)-15, EXXX(X)-16, EXXX(X)-17
6	A5.9	Semua Klasifikasi
6	A5.18	Semua Klasifikasi
6	A5.20	Semua Klasifikasi
6	A5.22	Semua Klasifikasi
6	A5.28	Semua Klasifikasi
6	A5.29	Semua Klasifikasi
6	A5.30	INMs-X, IN5XX, IN3XX(X)

Halaman ini sengaja dikosongkan.

Lampiran III-A (Normatif)

Daftar Spesifikasi Logam Dasar—Paduan Besi

Standar	Spesifikasi Logam Dasar	Nomor Bahan	Nomor Kelomp ok	Tipe, Kategori, atau Penamaan Paduan	Nomor UNS	Bentuk Produk
Baja dan Paduan Baja						
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02599	Pelat & Batang
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02598	Pelat & Batang
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02597	Pelat & Batang
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02596	Pelat & Batang
ASTM	A 106	1	1	Kategori B	K03006	Pipa Tanpa Sambungan
ASTM	A 106	1	2	Kategori C	K03501	Pipa Tanpa Sambungan
ASTM	A 202	4	1	Kategori A	K11742	Pelat
ASTM	A 202	4	1	Kategori B	K12542	Pelat
ASTM	A 203	9A	1	Kategori A	K21703	Pelat
ASTM	A 203	9A	1	Kategori B	K22103	Pelat
ASTM	A 203	9B	1	Kategori D	K31718	Pelat
ASTM	A 203	9B	1	Kategori E	K32018	Pelat
ASTM	A 204	3	1	Kategori A	K11820	Pelat
ASTM	A 204	3	2	Kategori B	K12020	Pelat
ASTM	A 204	3	2	Kategori C	K12320	Pelat
ASTM	A 225	10A	1	Kategori C	K12524	Pelat
ASTM	A 225	10A	1	Kategori D	—	Pelat
ASTM	A 240	6	1	Tipe 410	S41000	Pelat
ASTM	A 240	6	2	Tipe 429	S42900	Pelat
ASTM	A 240	6	4	Kategori S41500	S41500	Pelat
ASTM	A 240	7	1	Tipe 405	S40500	Pelat
ASTM	A 240	7	1	Tipe 409	S40900	Pelat
ASTM	A 240	7	1	Tipe 410S	S41008	Pelat
ASTM	A 240	7	2	Tipe 18-2	S44400	Pelat
ASTM	A 240	7	2	Tipe 430	S43000	Pelat
ASTM	A 240	8	2	S30815	S30815	Pelat, Lembaran, & Strip
ASTM	A 312	8	1	TP304	S30400	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 312	8	1	TP304L	S30403	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 312	8	1	TP316	S31600	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 312	8	1	TP316L	S31603	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 312	8	3	TPXM-19	S20910	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 312	8	3	TP-11	S21904	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 312	8	4	317LM	S31725	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 312	8	4	S31254	S31254	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las
ASTM	A 333	4	2	Kategori 4	K11267	Pipa
ASTM	A 333	9A	1	Kategori 7	K21903	Pipa
ASTM	A 333	9A	1	Kategori 9	K22035	Pipa
ASTM	A 333	9B	1	Kategori 3	K31918	Pipa
ASTM	A 335	4	1	Kategori P11	K11597	Pipa
ASTM	A 335	4	1	Kategori P12	K11562	Pipa
ASTM	A 335	5B	2	Kategori P91	K91560	Pipa Tanpa Sambungan
ASTM	A 353	11A	1		K81340	Pelat
ASTM	A 369	3	1	Kategori FP1	K11522	Pipa Tempa
ASTM	A 387	3	2	Kategori 2, Kelas 2	K12143	Pelat
ASTM	A 387	5A	1	Kategori 21, Kelas 1	K31545	Pelat

Daftar Spesifikasi Logam Dasar—Paduan Besi

Standar	Spesifikasi Logam Dasar	Nomor Bahan	Nomor Kelompok	Tipe, Kategori, atau Penamaan Paduan	Nomor UNS	Bentuk Produk
Baja dan Paduan Baja						
ASTM	A 387	5A	1	Kategori 21, Kelas 2	K31545	Pelat
ASTM	A 387	5B	1	Kategori 5, Kelas 1	K41545	Pelat
ASTM	A 387	5B	1	Kategori 5, Kelas 2	K41545	Pelat
ASTM	A 387	5B	2	Kategori 91, Kelas 2	S50460	Pelat
ASTM	A 420	11A	1	Kategori WPL8	K81340	Pipa
ASTM	A 514	11B	1	Kategori A	K11856	Pelat
ASTM	A 514	11B	2	Kategori E	K11856	Pelat
ASTM	A 516	1	1	Kategori 55	K01800	Pelat
ASTM	A 516	1	1	Kategori 65	K02403	Pelat
ASTM	A 516	1	2	Kategori 70	K02700	Pelat
ASTM	A 517	11B	1	Kategori A	K11856	Pelat
ASTM	A 517	11B	2	Kategori E	K21604	Pelat
ASTM	A 533	3	3	Tipe A, Kelas 1	K12521	Pelat
ASTM	A 533	3	3	Tipe A, Kelas 2	K12521	Pelat
ASTM	A 533	3	3	Tipe B, Kelas 1	K12539	Pelat
ASTM	A 533	3	3	Tipe B, Kelas 2	K12539	Pelat
ASTM	A 533	11A	4	Kategori A, Kelas 3	K12521	Pelat
ASTM	A 533	11A	4	Kategori B, Kelas 3	K12539	Pelat
ASTM	A 543	11A	5	Tipe B, Kelas 1	K42339	Pelat
ASTM	A 543	11A	5	Tipe B, Kelas 3	K42339	Pelat
ASTM	A 542	5C	3	Tipe A, Kelas 3	K21590	Pelat
ASTM	A 542	5C	4	Tipe A, Kelas 1	K21590	Pelat
ASTM	A 542	5C	5	Tipe A, Kelas 2	K21590	Pelat
ASTM	A 612	10C	1	—	K02900	Pelat
ASTM	A 645	11A	2	—	K41583	Pelat
ASTM	A 709	11B	1	Kategori 100, Tipe A	K11856	Pelat & Bentuk
ASTM	A 709	11B	1	Kategori 100W, Tipe A	K11856	Pelat & Bentuk
ASTM	A 709	11B	2	Kategori 100, Tipe E	K21604	Pelat & Bentuk
ASTM	A 709	11B	2	Kategori 100W, Tipe E	K21604	Pelat & Bentuk
ASTM	A 832	5C	1	Kategori 21V	K31830	
ASTM	A 871	3	2	Kategori 60	—	Pelat
ASTM	A 945	3	2	Kategori 65	—	Pelat
API	5L	1	1	Kategori X42	—	Pipa
API	5L	1	2	Kategori X52	—	Pipa
API	5L	1	2	Kategori X60	—	Pipa
API	5L	1	4	Kategori X80	—	Pipa

Daftar Logam Dasar Nomor M—Paduan Besi									
Nomor	Nomor	Standar	Spesifikasi Logam Dasar	Tipe, Kategori, atau Penamaan Paduan	Nomor UNS	Batasan Ketebalan mm	Kekuatan Tarik/Luluh		Komposisi Nominal
Bahan Kelompok							Minimum, MPa	Bentuk Produk	
Baja dan Paduan Baja									
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02595	≤20	400/250	Pelat & Batang	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02596	>20≤40	400/250	Pelat & Batang	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02597	>40≤65	400/250	Pelat & Batang	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02596	>65≤100	400/250	Pelat & Batang	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A106	Kategori B	K03006	—	415/240	Pipa Tanpa Sambungan	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 516	Kategori 55	K01800	—	380/205	Pelat	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 516	Kategori 65	K02403	—	450/240	Pelat	C-Mn-Si
1	1	API	5L	Kategori X42	—	—	415/290	Pipa	C-Mn
1	2	ASTM	A 106	Kategori C	K03501	—	485/275	Pipa Tanpa Sambungan	C-Mn-Si
1	2	ASTM	A 516	Kategori 70	K02700	—	485/260	Pelat	C-Mn-Si
1	1	API	5L	Kategori X52	—	—	460/360	Pipa	C-Mn
1	2	API	5L	Kategori X60	—	—	515/415	Pipa	C-Mn-Cb-V-Ti
1	4	API	5L	Kategori X80	—	—	625/550	Pipa	C-Mn
3	1	ASTM	A 204	Kategori A	K11820	—	450/255	Pelat	C-0.5Mo
3	1	ASTM	A 369	Kategori FP1	K11522	—	380/205	Pipa	C-0.5Mo
3	2	ASTM	A 204	Kategori B	K12020	—	485/275	Pelat	C-0.5Mo
3	2	ASTM	A 204	Kategori C	K12320	—	515/295	Pelat	C-0.5Mo
3	2	ASTM	A 387	Kategori 2, Kelas 2	K12143	—	485/310	Pelat	0.5Cr-0.5Mo
3	2	ASTM	A 871	Kategori 60	—	—	515/415	Pelat	C-Mn-Ni-Cu-Cr-V
3	2	ASTM	A 945	Kategori 65	—	—	540/450	Pelat	LowC-Mn
3	3	ASTM	A 533	Tipe A, Kelas 1	K12521	—	550/345	Pelat	Mn-0.5Mo
3	3	ASTM	A 533	Tipe A, Kelas 2	K12521	—	620/485	Pelat	Mn-0.5Mo
3	3	ASTM	A 533	Tipe B, Kelas 1	K12539	—	550/345	Pelat	Mn-0.5Mo-0.5Ni
3	3	ASTM	A 533	Tipe B, Kelas 2	K12539	—	620/485	Pelat	Mn-0.5Mo-0.5Ni

Lampiran

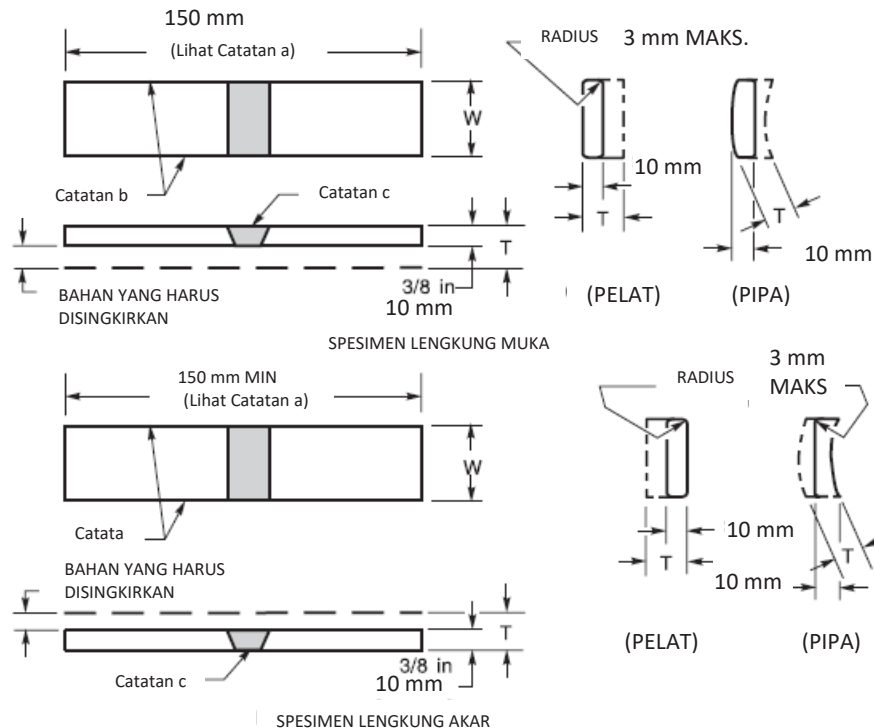
4	1	ASTM	A 202	Kategori A	K11742	—	515/310	Pelat	0.5Cr-1.25Mn-Si
4	1	ASTM	A 202	Kategori B	K12542	—	585/325	Pelat	0.5Cr-1.25Mn-Si
4	1	ASTM	A 335	Kategori P11	K11597	—	415/205	Pipa	1.25Cr-0.5Mo-Si
4	1	ASTM	A 335	Kategori P12	K11562	—	415/220	Pipa	1Cr-0.5Mo
4	2	ASTM	A 333	Kategori 4	K11267	—	415/240	Pipa	0.75Cr-0.75Ni-Cu-Al
5A	1	ASTM	A 387	Kategori 21, Kelas 1	K31545	—	415/205	Pelat	3Cr-1Mo
5A	1	ASTM	A 387	Kategori 21, Kelas 2	K31545	—	515/310	Pelat	3Cr-1Mo
5B	1	ASTM	A 387	Kategori 5, Kelas 1	K41545	—	415/205	Pelat	5Cr-0.5Mo
5B	1	ASTM	A 387	Kategori 5, Kelas 2	K41545	—	515/310	Pelat	5Cr-0.5Mo
5B	2	ASTM	A 335	Kategori P91	K91560	—	585/415	Pipa Tanpa Sambungan	9Cr-1Mo-V
5B	2	ASTM	A 387	Kategori 91, Kelas 2	S50460	—	585/415	Pelat	9Cr-1Mo-V
5C	1	ASTM	A 832	Kategori 21V	K31830	—	585/415	Pelat	3Cr-1Mo-0.25V
5C	3	ASTM	A 542	Tipe A, Kelas 3	K21590	—	655/515	Pelat	2.25Cr-1Mo
5C	4	ASTM	A 542	Tipe A, Kelas 1	K21590	—	725/585	Pelat	2.25Cr-1Mo
5C	5	ASTM	A 542	Tipe A, Kelas 2	K21590	—	795/690	Pelat	2.25Cr-1Mo
6	1	ASTM	A 240	Tipe 410	S41000	—	450/205	Pelat	13Cr
6	2	ASTM	A 240	Tipe 429	S42900	—	450/205	Pelat	15Cr
6	4	ASTM	A 240	S41500	S41500	—	795/620	Pelat	13Cr-4.5Ni-Mo
7	1	ASTM	A 240	Tipe 405	S40500	—	415/170	Pelat	12Cr-1Al
7	1	ASTM	A 240	Tipe 409	S40900	—	380/170	Pelat	11Cr-Ti
7	1	ASTM	A 240	Tipe 410S	S41008	—	415/205	Pelat	13Cr
7	2	ASTM	A 240	Tipe 18-2	S44400	—	415/275	Pelat	18Cr-2Mo
7	2	ASTM	A 240	Tipe 430	S43000	—	450/205	Pelat	17Cr
8	1	ASTM	A 312	TP304	S30400	—	515/205	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	18Cr-8Ni
8	1	ASTM	A 312	TP304L	S30403	—	485/170	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	18Cr-8Ni
8	1	ASTM	A 312	TP316	S31600	—	515/205	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	16Cr-12Ni-2Mo
8	1	ASTM	A 312	TP316L	S31603	—	485/170	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	16Cr-12Ni-2Mo
8	2	ASTM	A 240	S30815	S30815	<5	600/310	Pelat, Lembaran, & Strip	21Cr-11Ni-N
8	3	ASTM	A 312	TP-11	S21904	—	620/345	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	21Cr-6Ni-9Mn
8	3	ASTM	A 312	TPXM-19	S20910	—	690/380	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	22Cr-13Ni-5Mn
8	4	ASTM	A 312	S31254	S31254	—	650/305	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	20Cr-18Ni-6Mo
8	4	ASTM	A 312	317LM	S31725	—	515/205	Pipa Tanpa Sambungan & Pipa Las	19Cr-15Ni-4Mo

9A	1	ASTM	A 203	Kategori A	K21703	—	450/255	Pelat	2.5Ni
9A	1	ASTM	A 203	Kategori B	K22103	—	485/275	Pelat	2.5Ni
9A	1	ASTM	A 333	Kategori 7	K21903	—	450/240	Pipa	2.5Ni
9A	1	ASTM	A 333	Kategori 9	K22035	—	435/315	Pipa	2Ni-1Cu
9B	1	ASTM	A 203	Kategori D	K31718	—	450/255	Pelat	3.5Ni
9B	1	ASTM	A 203	Kategori E	K32018	—	485/275	Pelat	3.5Ni
9B	1	ASTM	A 333	Kategori 3	K31918	—	450/240	Pipa	3.5Ni
10A	1	ASTM	A 225	Kategori C	K12524	—	725/485	Pelat	Mn-0.5Ni-V
10A	1	ASTM	A 225	Kategori D	—	≤75	550/415	Pelat	Mn-0.5Ni-V
10A	1	ASTM	A 225	Kategori D	—	>75≤150	515/380	Pelat	Mn-0.5Ni-V
10C	1	ASTM	A 612	—	K02900	≤13	570/345	Pelat	C-Mn-Si
10C	1	ASTM	A 612	—	K02900	>13	560/345	Pelat	C-Mn-Si
11A	1	ASTM	A 353	—	K81340	—	690/515	Pelat	9Ni
11A	1	ASTM	A 420	Kategori WPL8	K81340	—	690/515	Pipa	9Ni
11A	2	ASTM	A 645	—	K41583	—	655/450	Pelat	0.5Ni-0.25Mo
11A	4	ASTM	A 533	Kategori A, Kelas 3	K12521	—	690/570	Pelat	Mn-0.5Mo
11A	4	ASTM	A 533	Kategori B, Kelas 3	K12539	—	690/570	Pelat	Mn-0.5Mo-0.5Ni
11A	5	ASTM	A 543	Tipe B, Kelas 1	K42339	—	725/585	Pelat	3Ni-1.75Cr-0.5Mo
11A	5	ASTM	A 543	Tipe B, Kelas 3	K42339	—	620/485	Pelat	3Ni-1.75Cr-0.5Mo
11B	1	ASTM	A 514	Kategori A	K11856	≤65	760/690	Pelat	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 514	Kategori A	K11856	>65≤300	760/620	Pelat	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 514	Kategori A	K11856	≤65	795/690	Pelat	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 514	Kategori A	K11856	>65≤300	725/620	Pelat	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 709	Kategori 100, Tipe A	K11856	≤65	760/690	Pelat & Bentuk	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 709	Kategori 100W, Tipe A	K11856	≤55	760/690	Pelat & Bentuk	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	2	ASTM	A 514	Kategori E	K21604	≤65	760/690	Pelat	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 514	Kategori E	K21604	>65≤300	760/620	Pelat	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 517	Kategori E	K21604	≤65	795/690	Pelat	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 517	Kategori E	K21604	>65≤300	725/620	Pelat	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Kategori 100, Tipe E	K21604	≤65	760/690	Pelat & Bentuk	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Kategori 100, Tipe E	K21604	>65≤200	690/620	Pelat & Bentuk	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Kategori 100W, Tipe E	K21604	≤65	760/690	Pelat & Bentuk	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Kategori 100W, Tipe E	K21604	>65≤200	690/620	Pelat & Bentuk	1.75Cr-0.5Mo-Cu

Halaman ini sengaja dikosongkan.

Lampiran IV (Normatif)

Persyaratan Penyiapan Spesimen Lengkung Akar dan Permukaan Melintang



SPESIMEN LENGKUNG MELINTANG	
Dimensi	
Lasan Uji	Lebar Spesimen Uji, W
Pelat	38 mm
Pipa atau tabung uji Diameter ≤ 100 mm DN	Catatan d
Diameter > 100 mm DN	38 mm

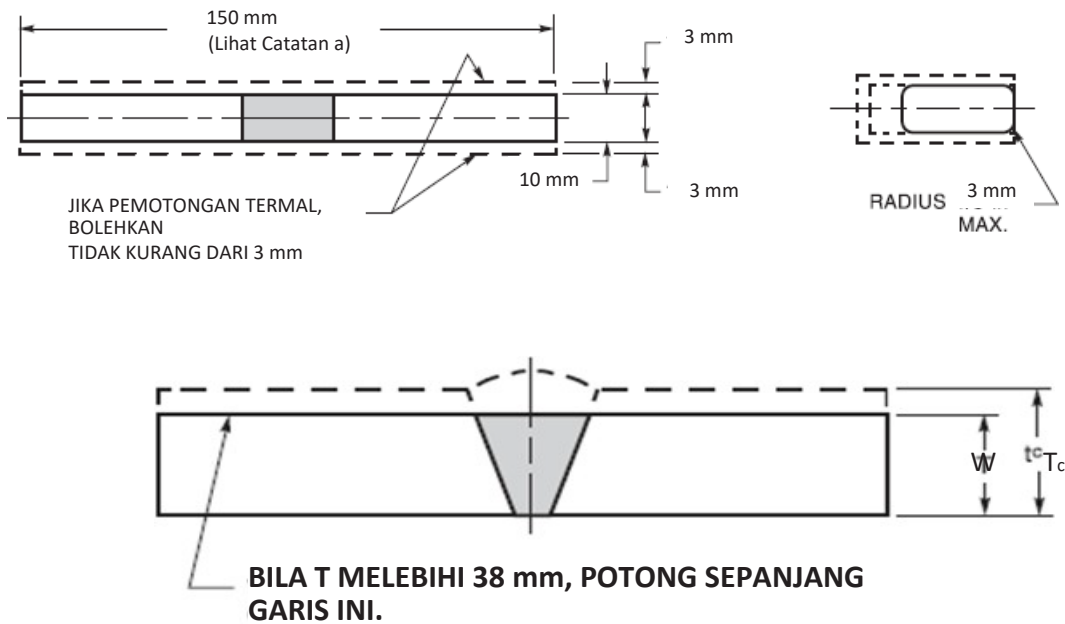
- Spesimen yang lebih panjang mungkin diperlukan saat menggunakan perlengkapan pelengkungan tipe lilit atau saat menguji baja dengan kekuatan luluh 620 MPa atau lebih.
- Kecuali pada bahan M-1, tepi potongan termal harus dirapikan dengan metode digerinda.
- Tulangan las dan penahan, jika ada, harus disingkirkan hingga sejajar dengan permukaan spesimen. Jika penahan berceruk digunakan, permukaan ini dapat dirapikan dengan mesin hingga kedalaman yang tidak melebihi kedalaman ceruk untuk melepas penahan tersebut; dalam kasus ini, ketebalan spesimen jadi harus seperti yang ditentukan di atas. Permukaan yang dipotong harus halus dan sejajar.
- Untuk diameter pipa 50 mm hingga 100 mm DN, lebar spesimen lengkung tidak boleh kurang dari 19 mm. Untuk diameter pipa 10 mm hingga 50 mm DN, lebar spesimen lengkung tidak boleh kurang dari 10 mm dengan alternatif (dibolehkan untuk pipa 25 mm DN dan lebih kecil) pemotongan pipa menjadi seperempat bagian. Dalam hal ini, tulangan las boleh disingkirkan dan tidak diperlukan pembuatan spesimen lainnya.

Catatan:

- T = ketebalan pelat atau pipa.
- Bila ketebalan pelat uji kurang dari 10 mm, ketebalan nominal harus digunakan untuk lengkung muka dan akar.
- Arah penggerindaan spesimen harus sejajar dengan arah lengkung.

Spesimen Lengkung Akar dan Permukaan Melintang

Lampiran IV (Normatif)
Persyaratan Penyiapan Spesimen Lengkung Sisi



T	W
10 to 38 mm	T (mm)
> 38 mm	(Catatan b)

- (a) Spesimen yang lebih panjang mungkin diperlukan saat menggunakan perlengkapan pelengkungan tipe lilit atau saat menguji baja dengan kekuatan luluh 620 MPa atau lebih.
- (b) Untuk pelat dengan ketebalan lebih dari 38 mm, spesimen harus dipotong menjadi potongan-potongan yang kira-kira sama dan memiliki W antara 19 mm hingga 38 mm dan setiap potongan harus diuji.
- (c) T = ketebalan pelat atau pipa nominal. Catatan:
- Arah penggerindaan spesimen harus sejajar dengan arah lengkungan.
 - Kecuali pada bahan M-1, tepi potongan termal harus dirapikan dengan metode digerinda.

Spesimen Lengkung Sisi

Lampiran V (Informatif)

Rumus, Konversi, Singkatan, dan Informasi Berguna

Lampiran ini bertujuan untuk memberikan arahan tertentu kepada peserta ujian terkait singkatan, konsep, dan istilah yang digunakan dalam Buku Spesifikasi ini semata-mata untuk mengikuti ujian AWS. Cakupan Buku Spesifikasi ini meliputi berbagai industri yang menggunakan istilah berbeda untuk konsep yang sama. Lampiran ini menjelaskan bagaimana perbedaan tersebut diatasi dalam ujian AWS ini.

<u>Singkatan</u>	<u>Keterangan</u>		
AI	akumulasi ketidaksempurnaan	OD	diameter luar
BT	lubang lelehan	P	porositas
C	retak	PJP	penetrasi sambungan parsial
CJP	penetrasi sambungan sempurna	PQR	catatan kualifikasi prosedur
CP	porositas klaster	PT	pengujian penetran
CSA	luas penampang	PWHT	perlakuan panas pascapengelasan
CVN	pengujian takik V Charpy	RT	pengujian radiografi
EU	<i>undercut</i> yang berdekatan dengan lapisan penutup	TYP	Umum
ET	pengujian elektromagnetik	Nomor	sistem penomoran terpadu
ID	diameter dalam	UT	pengujian ultrasonik
IF	fusi tidak sempurna	UTS	kekuatan tarik maksimum
INCL	Inklusif	VT	pengujian visual
IP	penetrasi tidak memadai tanpa tinggi-rendah	W	lebar spesimen lengkung
IPD	penetrasi tidak memadai karena tinggi-rendah	WPS	spesifikasi prosedur pengelasan
m	meter	WQTR	catatan ujian kualifikasi pengelas
mmpm	milimeter per menit		
mpm	meter per menit		
IU	<i>undercut</i> yang berdekatan dengan laluan akar	<u>Konsep</u>	<u>Keterangan</u>
J	Joule	AWS C4.1-77	merujuk pada standar tertulis dan indikator fisik untuk pengukuran komparatif permukaan pemotongan oxyfuel
J/mm	Joule per milimeter	Sampel 1	sampel kekasaran pertama pada indikator AWS C4.1-77; potongan paling kasar
ℓ	liter	Sampel 2	sampel kekasaran kedua pada indikator AWS C4.1-77
LT	pengujian kebocoran	Sampel 3	sampel kekasaran ketiga pada indikator AWS C4.1-77
LPH	liter per jam	Sampel 4	sampel kekasaran keempat pada indikator AWS C4.1-77; potongan terhalus
MT	pengujian partikel magnetik		
NDE	pemeriksaan nondestruktif		
NDT	pengujian nondestruktif		
DN	nominal diameter		

Sistem Satuan Internasional (SI) digunakan dalam banyak penerapan. Tabel di bawah menunjukkan faktor konversi yang digunakan untuk mengonversi satuan Khusus AS ke satuan SI, dan awalan metrik (SI) untuk faktor perkalian satuan.

Tabel 16 – Faktor Konversi SI

Sifat	Dikonversi dari Satuan SI	Ke Satuan Khusus AS	Dikalikan dengan
Gaya	Newton (N)	pound-force (lbf)	0,2248
	Newton (N)	kip (1.000 lbf)	0,0002248
Dimensi Linier	milimeter (mm)	inci (in)	0,0394
Kekuatan Tarik	Pascal (Pa)	pound per inci persegi (psi)	0,000145
	kiloPascal (kPa)	pound per inci persegi (psi)	0,145
	megaPascal (MPa)	pound per inci persegi (psi)	145,14
Massa	kilogram (kg)	massa pound	2,205
Sudut, bidang	Radian	Derajat	57,296
Laju Aliran	liter per menit (l/mnt)	kaki kubik per jam (cfh)	2,119
Input Panas	Joule per meter (J/m)	Joule per inci (J/in)	0,0254
Kecepatan Las, kawat	milimeter per detik (mm/dtk)	inci per menit (in/mnt)	2,364
Suhu	derajat Celsius (°C)	derajat Fahrenheit (°F)	gunakan rumus: $^{\circ}\text{F} = (^{\circ}\text{C} \times 1.8) + 32$

Tabel 17 – Prefiks SI

Ekspresi Eksponensial	Faktor Perkalian	Prefiks	Simbol
10^9	1000000000	giga	G
10^6	1000000	mega	M
10^3	1000	kilo	k
10^{-3}	0,001	mili	m
10^{-6}	0.000 001	mikro	μ
10^{-9}	0.000 000 001	nano	n

Luas Penampang (CSA) untuk batang tarik persegi panjang:

$$CSA = w \times t$$

Dengan w = lebar dan t = ketebalan

Luas Penampang (CSA) untuk batang tarik bulat:

$$CSA = \pi d^2/4$$

Dengan π = konstanta matematika 3,1416 dan
 d = diameter asli batang

Kekuatan Tarik Maksimum (UTS) [Pa]:

$$UTS \text{ (dalam MPa)} = \text{Gaya Maksimum (dalam kN)} / \text{luas penampang asli (dalam mm}^2\text{)} \times 1.000$$

Rumus untuk mengubah pascal (Pa) menjadi Megapascal (MPa) dan sebaliknya:

$$Pa = MPa \times 1.000.000$$

$$MPa = Pa / 1.000.000$$

Halaman ini sengaja dikosongkan.

Lampiran VI
(Informatif) Schedule Pipa

Ukuran Pipa (mm)	Diameter Luar (OD) (mm)	Identifikasi			Ketebala n Dinding Nominal (T) (mm)	Ketebalan Dinding Minimum (mm) -12.5%	Diameter Dalam - ID - (mm)
		Baja		No. Schedule Baja Tahan Karat.			
		Ukuran Pipa Besi	No. Schedule				
65	73,0	-	-	5S	2,11	1,85	68,78
		-	-	10S	3,05	2,67	66,90
		STD	40	40S	5,16	4,52	62068
		XS	80	80S	7,01	6,13	58,98
		-	160	-	9,53	8,34	53,94
		XXS	-	-	14,02	12,27	44,96
80	88,9	-	-	5S	2,11	1,85	84,68
		-	-	10S	3,05	2,67	82,80
		STD	40	40S	5,49	4,80	77,92
		XS	80	80S	7,62	6,67	73,66
		-	160	-	11,13	9,74	66,64
		XXS	-	-	15,24	13,34	58,42
90	101,6	-	-	5S	2,11	1,85	97,38
		-	-	10S	3,05	2,67	95,50
		STD	40	40S	5,74	5,02	90,12
		XS	80	80S	8,08	7,07	85,44
100	114,3	-	-	5S	2,11	1,85	110,08
		-	-	10S	3,05	2,67	108,20
		STD	40	40S	6,02	5,27	102,26
		XS	80	80S	8,56	7,49	97,18
		-	120	-	11,13	9,74	92,04
		-	160	-	13,49	11,80	87,32
		XXS	-	-	17,12	14,98	80,06
125	141,3	-	-	5S	2,77	2,42	135,76
		-	-	10S	3,40	2,98	134,50
		STD	40	40S	6,55	5,73	128,20
		XS	80	80S	9,53	8,34	122,24
		-	120	-	12,70	11,11	115,90
		-	160	-	15,88	13,90	109,54
		XXS	-	-	19,05	16,67	103,20
150	168,3	-	-	5S	2,77	2,42	162,76
		-	-	10S	3,40	2,98	161,50
		STD	40	40S	7,11	6,22	154,08
		XS	80	80S	10,97	9,60	146,36
		-	120	-	14,27	12,49	139,76
		-	160	-	18,26	15,98	131,78
		XXS	-	-	21,95	19,21	124,40
200	219,1	-	-	5S	2,77	2,42	213,56
		-	-	10S	3,76	3,29	211,58
		-	20	-	6,35	5,56	206,40
		-	30	-	7,04	6,16	205,02
		STD	40	40S	8,18	7,16	202,74
		-	60	-	10,31	9,02	198,48
		XS	80	80S	12,70	11,11	193,70
		-	100	-	15,09	13,20	188,92
		-	120	-	18,26	15,98	182,58
		-	140	-	20,62	18,04	177,86
		XXS	-	-	22,23	19,45	174,64

Lampiran VII (Informatif)
Spesifikasi Prosedur Pengelasan (WPS)

Nomor WPS [1]	Tanggal [2]	Revisi [3]	Halaman 1 dari 2
ID PQR PENDUKUNG			
[4]			
CAKUPAN			
[5]			
PROSES & TIPE PENGELASAN			
Proses: [6]			
DESAIN SAMBUNGAN			
Desain Sambungan:		[7]	
Jarak Akar:		[8]	
Bahan Lapisan Penahan:		[9]	
Perlakuan sisi belakang, metode pencungkilan/penyiapan:		[10]	
Ketidakcocokan Maksimum:		[11]	
Detail Sambungan Umum:		[12]	
[13]			
LOGAM DASAR			
No. M [14]	No. Bahan [15]	Ke No. M [16]	No. Bahan [17]
Rentang Ketebalan yang Memenuhi Syarat: [18]			
Diameter (Khusus Bentuk Tabung):		[19]	
Deskripsi atau Tipe Pelapis:		[20]	
LOGAM PENGISI			
Proses:		[21]	
No. Spesifikasi AWS:		[22]	
No. AWS (Klasifikasi):		[23]	
No. F		[24]	
Analisis Logam Las No. A:		[25]	
Ketebalan Endapan Logam Las:		[26]	
Ukuran Logam Pengisi:		[27]	
Klasifikasi Fluks-Elektrode:		[28]	
Logam Pengisi Tambahan:		[29]	
Logam Pengisi Sekali Pakai & Tipenya:		[30]	
Logam Pengisi Sekali Pakai:		[31]	
Deoksidan Tambahan:		[32]	
Logam Pengisi "Panas" Berenergi		[33]	

Nomor WPS	[1]	Tanggal	[2]	Revisi	[3]	Halaman 2 dari 2
POSISI						
Posisi Pengelasan:	[34]					
Progres Pengelasan Vertikal:	[35]					
PEMANASAN AWAL DAN ANTARLALUAN						
Pemanasan Awal Minimum:	[36]					
Suhu Antarlaluan Maksimum:	[37]					
Pemeliharaan Pemanasan Awal:	[38]					
PERLAKUAN PANAS						
Tipe PWHT:	[39]					
Suhu PWHT:	[40]					
Waktu Penahanan PWHT:	[41]					
Laju Pemanasan dan Pendinginan:	[42]					
GAS PELINDUNG						
	Tipe dan % Komposisi (jika berlaku)		Rentang Laju Aliran Gas			
Gas Pelindung pada Torch:	[43]		[48]			
Gas Pelindung pada Akar:	[44]		[49]			
Pelindung Lingkungan:	[45]					
Tekanan Vakum:	[46]					
Ukuran Gas Cup:	[47]					
LISTRIK						
Proses:	[50]					
Diameter Logam Pengisi:	[51]					
Jenis Arus dan Polaritas:	[52]					
Rentang Arus Listrik:	[53]					
Mode Transfer:	[54]					
Kecepatan Umpan Kawat (m/mnt)	[55]					
Rentang Tegangan:	[56]					
No. Spesifikasi Tungsten:	[57]					
Klasifikasi Tungsten:	[58]					
Diameter Elektrode Tungsten:	[59]					
Input Panas Maksimum (kJ/mm):	[60]					
Arus Berdenyut:	[61]					
VARIABEL						
Elektrode Tunggal ke Multielektrode:	[62]					
Jarak Elektrode (mm):	[63]					
Lapisan Tunggal atau Multilaluan:	[64]					
Jarak Tabung Kontak yang Digunakan (mm):	[65]					
Pembersihan:	[66]					
Pengerjaan Permukaan Logam:	[67]					
Teknik Lubang Kunci atau Konvensional:	[68]					
Manik Lurus atau Zig-Zag:	[69]					
Rentang Kecepatan Pengelasan (mm/mnt):	[70]					

Halaman ini sengaja dikosongkan.

Lampiran VIII (Informatif)
Catatan Kualifikasi Prosedur (PQR)

PROSES & TIPE PENGELASAN				SAMBUNGAN	
Proses 1:	[1]			Tipe Las:	[31]
Proses 2:	[2]			Tipe Alur:	[32]
				Jarak Akar:	[33]
LOGAM DASAR				Penahan Logam:	[34]
Spek logam dasar:	[3]		Ke	[4]	Pencungkilan Belakang Termal:
No. M:	[5]	No. Kelompok:		ke No. M:	
Pelat atau Pipa:	[6]	Diameter Pipa:	[7]	[36]	
Ketebalan:	[8]				
Pelapis:	[9]				
LOGAM PENGISI					
No. Spesifikasi:			[10]		
Klasifikasi No. AWS:			[11]		
No. F:			[12]		
Analisis Logam Las No. A:			[13]		
Ukuran Logam Pengisi:			[14]		
Pengisi Tambahan:			[15]		
Ketebalan Endapan Logam Las:			[16]		
Sketsa Sambungan					
PERLAKUAN PANAS SETELAH PENGELASAN					
				Tipe PWHT:	[37]
				Suhu PWHT:	[38]
				Waktu PWHT:	[39]
POSISI					
Posisi Sambungan:	[17]				
Progres Pengelasan Vertikal:	[18]				
PEMANASAN AWAL					
Suhu Pemanasan Awal Min.:	[19]				
Suhu Antarlaluan Maks.:	[20]				
LISTRIK					
Arus & Polaritas:			[21]		
Rentang Arus Listrik:			[22]		
Arus Berdenyut:			[23]		
Kecepatan Umpan Kawat (m/mnt)			[24]		
Rentang Tegangan:			[25]		
Kecepatan Las (mm/mnt)			[26]		
Mode Transfer:			[27]		
Input Panas Maksimum (kJ/mm)			[28]		
Tipe Tungsten:			[29]		
Diameter Tungsten:			[30]		
TEKNIK					
				Lurus atau Zig-Zag:	[44]
				Metode Pembersihan:	[45]
				Osilasi:	[46]
				Jarak Tabung Kontak yang Digunakan:	[47]
				Multilaluan atau Lapisan tunggal per sisi:	[48]
				Jumlah Elektrode:	[49]
				Jarak Elektrode:	[50]
				Pengerjaan Permukaan Logam:	[51]

PEMERIKSAAN VISUAL: [52]

UJI TARIK

No. Spesimen	Lebar mm	Ketebalan mm	Area mm ²	Beban Total Akhir (kN)	Tegangan Satuan Akhir (MPa)	Jenis Kegagalan dan Lokasinya
[53]	[54]	[55]	[56]	[57]	[58]	[59]

UJI LENGKUNG TERPANDU

Jenis	Hasil	Jenis	Hasil
[60]	[61]	[62]	[63]

Nama Pengelas [64] Stempel atau No. Clock [65]

Kami menjamin bahwa pernyataan dalam catatan ini adalah benar dan bahwa lasan uji telah disiapkan, dilas, dan diuji sesuai dengan persyaratan dalam Persyaratan Ujian CWI Praktik Bagian B. Lasan uji tersebut khusus digunakan untuk Ujian Bagian B CWI, bukan untuk pengelasan produksi sebenarnya atau penggunaan lain apa pun tanpa persetujuan tertulis sebelumnya dari AWS.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

Lampiran X (Informatif)

Istilah dan Definisi Nonstandar Khusus Industri

bekas terbakar busur api. Istilah lebih umum untuk 'sambaran busur api' pada aplikasi Rangkaian Pipa.

urutan langkah mundur. Urutan longitudinal dengan lapisan pengelasan dilakukan dalam arah yang berlawanan dengan progres pengelasan.

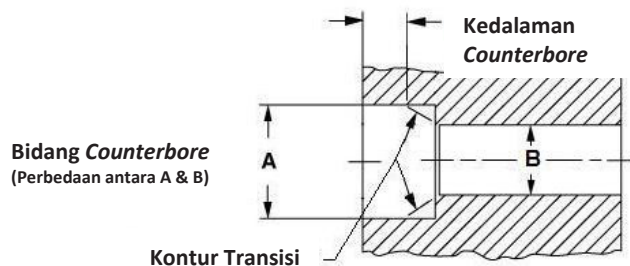
perbaikan las balik. Untuk aplikasi Rangkaian Pipa, las perbaikan dilakukan di sisi belakang las alur.

Perusahaan. Untuk pemeriksaan ini, Perusahaan adalah entitas fiktif yang bertanggung jawab atas kepemilikan sah dan keamanan publik dari lasan yang dibuat sesuai dengan spesifikasi ini.

counterbore. Fitur buatan pada diameter dalam pipa yang tidak bulat untuk memastikan diameter dalam sudah sejajar untuk pengelasan. Lihat juga **kedalaman counterbore**.

bidang counterbore. Area transisi antara *counterbore* yang dibuat dan diameter dalam pipa yang belum dikerjakan. Lihat juga **counterbore** dan **kedalaman counterbore**.

kedalaman counterbore. Jarak *counterbore* yang diteruskan secara aksial ke dalam pipa. Lihat juga **counterbore** dan **bidang counterbore**.



Counterbore

permukaan mahkota. Istilah alternatif untuk Permukaan Las pada aplikasi Rangkaian Pipa.

perbaikan ganda. Untuk aplikasi Rangkaian Pipa, perbaikan kedua di area yang sebelumnya telah diperbaiki pada hasil las; biasanya disebut sebagai "perbaikan dari perbaikan" atau "perbaikan ulang".

tinggi-rendah. Istilah lebih umum untuk 'ketidaksejajaran internal' pada penerapan di Rangkaian Pipa.

ketidaksempurnaan. Penyimpangan karakteristik kualitas tertentu dari kondisi yang seharusnya.

indikasi. Respons atau bukti dari penerapan pemeriksaan nondestruktif.

ketidaksejajaran internal. Ketidaksejajaran komponen sambungan seperti diameter dalam pipa yang tidak sejajar atau pipa dengan diameter dalam yang berbeda. (*Disebut juga ketidaksesuaian sambungan las dan offset tinggi-rendah.*)

ukuran nominal. Ukuran "hanya dalam nama" yang digunakan untuk identifikasi. Ukuran nominal mungkin tidak sesuai dengan ukuran sebenarnya, tetapi akan mewakili berbagai ukuran yang termasuk dalam toleransi standar.

permukaan logam induk. Istilah lebih umum untuk 'logam dasar' pada penerapan pada Rangkaian Pipa.

komponen struktur primer. Elemen struktur yang menyalurkan tegangan tarik utama dan, jika gagal, akan menimbulkan bencana.

perbaikan. Untuk penerapan pada Rangkaian Pipa, setiap penggerindaan atau pengelasan pada hasil las untuk memperbaiki cacat terpisah atau kumpulan cacat pada lasan yang ditolak dari pengujian visual atau nondestruktif.

pengerjaan ulang. Untuk penerapan pada Rangkaian Pipa, selama pengelasan berlangsung atau setelah pengelasan selesai: menyingkirkan ketidaksempurnaan yang memerlukan penggerindaan dan/atau pengelasan yang dilakukan sebelum pengujian visual atau nondestruktif terhadap hasil las. Catatan: pengerjaan ulang bukanlah perbaikan.

manik temper. Manik las yang ditempatkan di lokasi tertentu di dalam atau pada permukaan lasan untuk memengaruhi sifat metalurgi zona yang terkena panas atau logam las yang diendapkan sebelumnya.

mahkota lasan. Istilah alternatif untuk tulangan las pada penerapan pada Rangkaian Pipa.

Halaman ini sengaja dikosongkan.



American Welding Society®

CERTIFICATION

aws.org

METRIC
BOS

CERTIFIED WELDING INSPECTOR (CWI) PART B PRACTICAL

BOOK OF SPECIFICATIONS (BOS)

2017

DO NOT WRITE ON THIS BOOK

FOREWORD

This *Part B Book of Specifications* is intended to be used as a reference book for taking the hands-on practical examination that is part of the CWI certification examinations. This practical examination simulates actual hands-on inspection and document reviews performed by the Certified Welding Inspector (CWI). You are expected to evaluate the acceptability of test specimens and documents for both procedure and welder qualifications and production welding by using standard measurement tools, visual inspection, and documents found in the Book of Exhibits. Acceptability is based upon the information contained in this *Book of Specifications*. The practical examination will test your ability to carry out these functions.

Although this *Book of Specifications* is formatted to look like a real codebook, it is not a real codebook and it should not be used as one. While some clauses in this *Book of Specifications* appear to be similar to codebooks that you are familiar with, read this *Book of Specifications* very carefully and do not rely on your memory to make decisions with regards to answers on this examination.

Review the organization of this *Part B Book of Specifications*. There are specific clauses that relate to workmanship and visual inspection criteria in three applications: Structural, Pipeline, and Pressure Piping. There are general clauses for inspection, procedure, and performance qualification that apply to all three applications. As this *Book of Specifications* applies to three applications, terms and definitions are not limited to AWS A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions*.

In addition to the main body of the specification, there are annexes, tables, and figures that are important in your examination decisions. They are numbered uniquely so as to avoid confusion. Make sure that you have located all the necessary annexes, tables, and figures before you answer any question.

A Book of Exhibits is used in the exam and contains examples of various documents and photos including but not limited to WPS's, PQR's, WQTR's, heat treat charts, and NDE methods. Neither the test specimens nor the Book of Exhibits are available for review prior to the examination.

For some questions, narratives will give you information upon which you will be asked specific questions. The question may make reference to locations on certain specimens included in your test kit or refer to documents within the Book of Exhibits. In addition to the Book of Exhibits, all test kits have standard measuring tools necessary to complete the examination.

IMPORTANT

1. Read each question carefully and completely, including every choice provided. There will only be one correct answer. Be careful to transfer your choice of answer to the correct location on the answer sheet.
2. The weld replicas in the assigned test kit are made of plastic to assure that every test candidate receives the exact same specimens. As a consequence of the replication process, there may be color variations from actual weld metal and visible seams from the plastic assembly process. Ignore any pinholes, seams, glue squeezed out, or color variations in your determination of a correct answer.
3. You are expected to know how to use and apply each measuring and inspection instrument in the examination kit including knowing how to properly zero the instrument where relevant.
4. Use the margins or blank pages in your examination booklet to perform any required calculations. Do not write in this booklet.

This page is intentionally blank

Table of Contents	Page No.
Foreword	i
List of Tables	iii
List of Figures	iii
1.0 General Requirements	1
2.0 Workmanship Requirements and Visual Inspection Acceptance Criteria – Structural Steel	3
2.1 Base Metal Preparation	3
2.2 Workmanship Requirements	3
2.3 Visual Inspection Acceptance Criteria	4
2.4 Fillet Weld Dimensional Tolerances	4
3.0 Workmanship Requirements and Visual Inspection Acceptance Criteria – Pipeline	9
3.1 Workmanship Requirements	9
3.2 Visual Inspection Acceptance Criteria	10
4.0 Workmanship Requirements and Visual Inspection Acceptance Criteria – Pressure Piping	13
4.1 Workmanship Requirements	13
4.2 Visual Inspection Acceptance Criteria	14
5.0 Procedure Qualification Requirements	15
5.1 WPS Requirements	15
5.2 Procedure Qualification Variables	17
5.3 Procedure Qualification Test Requirements	22
5.4 Procedure Qualification Acceptance Criteria	22
5.5 Procedure Qualification Documentation	23
6.0 Performance Qualification Requirements	25
6.1 General	25
6.2 Performance Qualification Variables	25
6.3 Performance Qualification Test Requirements	26
6.4 Performance Qualification Acceptance Criteria	29
6.5 Performance Qualification Documentation	30
Annex I (Normative)—A Number Table – Classification of Ferrous Weld Metal for Procedure Qualification ...	31
Annex II (Normative)—F Number Table – Grouping of Welding Electrodes and Rods for Qualification	33
Annex III (Normative)—Base Metal Specifications and M-Number Tables	35-39
Annex III-A (Normative)—Base Metal Specifications	35
Annex III-B (Normative)—M Number Tables – Base Metal Specifications & M-Number Table	37
Annex IV (Normative)—Bend Specimen Preparation Requirements	41
Annex V (Informative)—Useful Formulas, Conversions, Abbreviations and Information	43
Annex VI (Informative)—Pipe Schedules	47
Annex VII (Informative)—Blank WPS	48
Annex VIII (Informative)—Blank PQR	51
Annex IX (Informative)—Blank WQTR	53
Annex X (Informative)—Industry-Specific Non-Standard Terms and Definitions	55

List of Tables

Tables	Page No.
1 Visual Inspection Acceptance Criteria – Structural Steel	5
2 Weld Profiles	6
3 Weld Profile Schedules	6
4 Maximum Dimensions of Undercutting (Pipeline)	12
5 Maximum Thickness of Reinforcement for Design Temperature	14
6 WPS Data Matrix	15
7 Thickness Limitation of Plate and Pipe for Groove Welds for Procedure Qualification	18
8 PQR Data Matrix	19
9 Limitations for Performance Qualification on Groove Welds in Pipe and Tube	26
10 Limitations for Performance Qualification in Plate Groove Welds	26
11 Examination Requirements for Performance Qualification	27
12 Number of Bend Tests for Performance Qualification	27
13 Allowable Base Metals for Performance Qualification	28
14 Allowable Filler Metals for Performance Qualification	28
15 Position Limitation for Performance Tests	29
16 SI Conversion Factors	44
17 SI Prefixes	44
18 Fraction/Decimal Equivalencies	45

List of Figures

Figures	Page No.
A Weld Profiles for Butt Joint Requirements	7
B Fillet Weld Profile Requirements for Inside Corner Joints, Lap Joints, and T-Joints	7
C Inadequate Penetration Without High-Low (IP)	11
D Inadequate Penetration Due to High-Low (IPD)	11
E Incomplete Fusion at Root of Bead or Top of Joint (IF)	11

1.0 General Requirements

1.1 Scope

1.1.1 This specification applies to the American Welding Society Certified Welding Inspector (CWI) examination and shall not be used for any other purpose. The CWI Practical Exam relies on the use of molded plastic replicas of actual weld specimens and as there are some visual characteristics of metal that do not reproduce in plastic with sufficient fidelity, the exclusion of acceptance criteria for these characteristics should not be construed as an endorsement for the exclusion of these criteria for any actual fabrication.

1.1.2 This specification includes representative requirements for Structural Steel, Pipeline, and Pressure Piping applications. They are intended to be applied to inspector examination weld replicas and not to actual industrial facilities, equipment, or structures.

1.1.3 Unless otherwise noted, requirements contained in this *Book of Specifications*, in Clauses 1.0, 5.0, and 6.0, are to be considered general requirements applicable to all three applications.

1.1.4 Normative Annexes in this specification are provided for requirements and Informative Annexes are provided for information. Both are considered as part of this specification. No inference should be drawn from the assignment of Normative versus Informative as to the use of the Annex on the examination.

1.1.5 Calculations, formulae, definitions, and material properties used on the CWI examination will be based on data published in the Annexes to this specification. As this *Book of Specifications* applies to three applications, terms and definitions are not limited to AWS A3.0, *Standard Welding Terms and Definitions*.

1.1.6 Use of the terms “shall,” “should,” and “may” in this specification have the following significance:

1.1.6.1 Shall. Specification provisions that use “shall” are mandatory.

1.1.6.2 Should. Specification provisions that use “should” are non-mandatory practices that are considered beneficial.

1.1.6.3 May. Specification provisions that use “may” mandate the choice of optional procedures or practices that can be used as an alternative or supplement to specification requirements.

1.2 Visual Inspection

1.2.1 Visual inspection for cracks in welds and base metal and other discontinuities may be aided by a flashlight, magnifier, and mirror as may be found helpful or necessary.

1.2.2 Weld sizes, length, and locations of welds shall conform to the requirements of this specification.

1.2.3 Joint preparations, assembly, and welding techniques shall be verified.

1.2.4 Suitable measuring tools and gages shall be used where necessary.

1.3 Dimensional Tolerances

Unless otherwise specified, the following standard dimensional tolerances shall apply when using this specification. They do not apply to the dimensions in test specimens, Annex IV, or to discontinuity acceptance limits.

1.3.1 Decimal tolerances are determined by the number of decimal places (precision) used in the dimension as follows:

X.X	± 0.3	(e.g., 1.0 mm could be 0.7 to 1.3 mm)
X.XX	± 0.13	(e.g., 1.00 mm could be 0.87 to 1.13 mm)

1.3.2 Whole number tolerances are determined by the overall dimensional length used in the dimension as follows:

Whole numbers > 150 mm	± 3 mm
Whole numbers from 25 to 150 mm inclusive	± 1.5 mm
Whole numbers from 1 to < 25 mm	± 0.8 mm

2.0 Workmanship Requirements and Visual Acceptance Criteria – Structural Steel

2.1 Base Metal Preparation

2.1.1 Mill-Induced Discontinuities. The length of these discontinuities is the visible long dimension on the cut surface of material and the depth is the distance that the discontinuity extends into the material from the cut surface. The limits of acceptability and the repair of visually observed cut surface discontinuities shall be as follows:

- (a) Any discontinuity 25 mm in length or less need not be repaired and the depth need not be explored.
- (b) Any discontinuity over 25 mm in length with maximum depth of 3 mm need not be repaired, but the depth should be explored.
- (c) Any discontinuity over 25 mm in length with depth over 3 mm but not greater than 6 mm shall be completely removed and repair welded.
- (d) Any discontinuity over 25 mm in length with depth over 6 mm shall be referred to the Engineer for disposition.

2.2 Workmanship Requirements

2.2.1 Roughness Requirements. Weld edge prep and other edge surfaces shall be evaluated with the surface roughness guide AWS C4.1-77. Acceptance criteria shall be as follows:

2.2.1.1 Weld edge prep surfaces for manual and semiautomatic welding processes shall not be rougher than Sample 3 and shall have no gouges deeper than 1.5 mm.

2.2.1.2 Weld edge prep surfaces for mechanized and automatic welding processes (except SAW) shall not be rougher than Sample 4 and shall have no gouges.

2.2.1.3 Weld edge prep surfaces for SAW shall not be rougher than Sample 3 and shall have no gouges.

2.2.1.4 Edges of members not subject to calculated stresses shall not be rougher than Sample 2 and shall have no gouges deeper than 3 mm.

2.2.1.5 All other edges shall not be rougher than Sample 3 and shall have no gouges deeper than 1.5 mm.

2.2.2 Arc Strikes. Base metal shall be free of arc strikes.

2.2.3 Cleaning of Completed Welds. Slag shall be removed from all completed welds. Spatter is acceptable unless NDT other than visual inspection is to be performed or otherwise specified.

2.2.4 Fillet Weld Terminations and Starts. Fillet welds shall not be terminated on corners of lap joints. Terminations and starts shall be as follows:

2.2.4.1 Statically Loaded Connections. Terminations and starts shall be made by either holding the weld back from the corner for a distance not less than the specified fillet weld size or by wrapping the weld around the corner not less than two times nor more than four times the specified fillet weld size.

2.2.4.2 Cyclically Loaded Connections. Terminations and starts shall be made by wrapping the weld around the corner for a distance not less than two times nor more than four times the specified fillet weld size.

2.2.5 Repairs. The removal of weld metal or portions of the base metal may be done by machining, grinding, chipping, or gouging. It shall be done in such a manner that the adjacent weld metal or base metal is not nicked or gouged. Unacceptable portions of the weld shall be removed without substantial removal of the base metal. The surfaces shall be cleaned thoroughly before welding. Weld metal shall be deposited to compensate for any deficiency in size in the weld metal.

2.3 Visual Inspection Acceptance Criteria. All welds shall be visually inspected and meet the acceptance criteria of Table 1.

2.3.1 Weld Profiles. Weld profiles shall be in accordance with Table 1, Table 2, and Table 3, Figure A, Figure B, except as otherwise allowed in 2.3.1.1, 2.3.1.2 and 2.3.1.3.

2.3.1.1 Fillet Welds. Unless otherwise specified, the faces of fillet welds may be slightly convex, flat, or slightly concave as shown in Figure B.

2.3.1.2 Exception for Intermittent Fillet Welds. Except for undercut, as allowed by this specification, the profile requirements of Figure B shall not apply to the ends of intermittent fillet welds outside their effective length.

2.3.1.3 Groove Welds. Groove weld reinforcement shall comply with Table 2 and Table 3. Welds shall have a gradual transition to the plane of the base-metal surfaces.

2.3.1.4 Overlap. All welds shall be free of overlap.

2.4 Fillet Weld Dimensional Tolerances

2.4.1 Weld length and spacing. Unless otherwise specified, the weld length indicated is the minimum weld length and there is no maximum. The length of a fillet weld is the overall length of the full size fillet, including end returns (boxing) as measured along the center line of the effective throat and excluding the undersize portions of starts and stops. The tolerances of subclause 1.3.2 shall be applied to determine if the minimum length is acceptable, e.g., a 74.2 mm weld length satisfies the requirement for a 75 mm weld.

Unless otherwise specified, the weld spacing (pitch) is the maximum spacing between the centers of adjacent welds and there is no minimum. The tolerances of subclause 1.3.2 shall be applied to determine if the actual measured maximum spacing is acceptable, e.g., a 75.8 mm spacing satisfies the requirement for a 75 mm spacing.

2.4.2 Fillet Weld Size. Unless otherwise specified in the visual inspection acceptance criteria, the fillet weld size is the minimum weld size and there is no maximum. The tolerances of subclause 1.3.2 do not apply.

Table 1
Visual Inspection Acceptance Criteria – Structural Steel

Discontinuity Category and Inspection Criteria	Statically Loaded Nontubular Connections	Cyclically Loaded Nontubular Connections	Tubular Connections (All Loads)
1) Crack Prohibition Any crack shall be unacceptable, regardless of size or location.	X	X	X
(2) Weld/Base-Metal Fusion Thorough fusion shall exist between adjacent layers of weld metal and between weld metal and base metal.	X	X	X
(3) Crater Cross Section All craters shall be filled to provide the specified weld size, except for the ends of intermittent fillet welds outside of their effective length.	X	X	X
(4) Weld Profiles Weld profiles shall be in conformance with 2.3.1.	X	X	X
(5) Time of Inspection Visual inspection of welds in all steels may begin immediately after the completed welds have cooled to ambient temperature. Acceptance criteria for ASTM A 514, A 517, and A 709 Grade 100 and 100 W steels shall be based on visual inspection performed not less than 48 hours after completion of the weld.	X	X	X
(6) Undersized Welds The size of a fillet weld in any continuous weld may be less than the specified nominal size (L) without correction by the following amounts (U): L, specified nominal weld size, mm ≤ 5 6 ≥ 8 U, allowable decrease from L, mm ≤ 2 ≤ 2.5 ≤ 3	X	X	X
(7) Undercut (A) For material less than 25 mm thick, undercut shall not exceed 0.8 mm. For material equal to or greater than 25 mm thick, undercut shall not exceed 2 mm for any length of weld.	X		
(B) In primary members, undercut shall be no more than 0.25 mm deep when the weld is transverse to tensile stress under any design loading condition. Undercut shall be no more than 0.8 mm deep for all other cases.		X	X
(8) Porosity (A) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no visible porosity. For all other groove welds and for fillet welds, the sum of the visible porosity 0.8 mm or greater in diameter shall not exceed 10 mm in any linear 25 mm of weld.	X		
(B) The frequency of porosity in fillet welds shall not exceed one in each 100 mm of weld length and the maximum diameter shall not exceed 2.5 mm. Exception: for fillet welds connecting stiffeners to web, the sum of the diameters of porosity shall not exceed 10 mm in any linear 25 mm of weld.		X	X
(C) CJP groove welds in butt joints transverse to the direction of computed tensile stress shall have no porosity. For all other groove welds, the frequency of porosity shall not exceed one in 100 mm of length and the maximum diameter shall not exceed 2.5 mm.		X	X

Note: An "X" indicates applicability for the connection type; a shaded area indicates non-applicability.

Table 2
Weld Profiles (see 2.3.1)

Weld Type	Joint Type			
	Butt	T-Joint	Lap	Corner-Inside
Groove (CJP or PJP)	Figure A	N/A	N/A	N/A
	Schedule A	N/A	N/A	N/A
Fillet	N/A	Figure B	Figure B	Figure B
	N/A	Schedule B	Schedule B	Schedule B

Table 3
Weld Profile Schedules (see 2.3.1)

Schedule A	(t = thickness of thicker plate joined for CJP; t = throat size for PJP)		
	t	R min.	R max.
	≤ 25 mm	0	2 mm
	> 25 mm ≤ 50 mm	0	3 mm
	> 50 mm	0	5 mm
Schedule B	(W = width of weld face or individual surface bead; C = allowable convexity)		
	W	C min.	C max.
	≤ 8 mm	0	2 mm
	> 8 mm < 25 mm	0	3 mm
	≥ 25 mm	0	5 mm

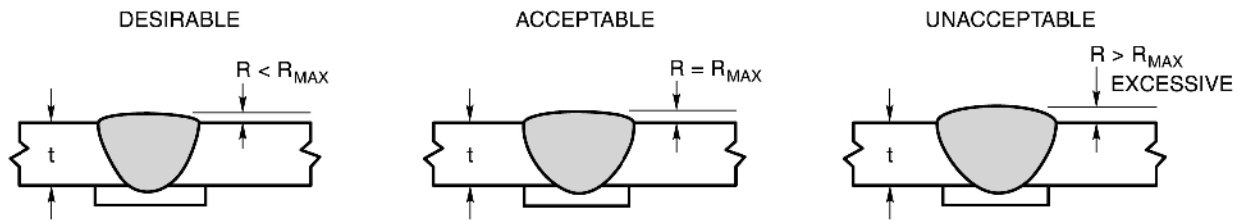


FIGURE A – WELD PROFILES FOR BUTT JOINT REQUIREMENTS (see Tables 2 and 3)

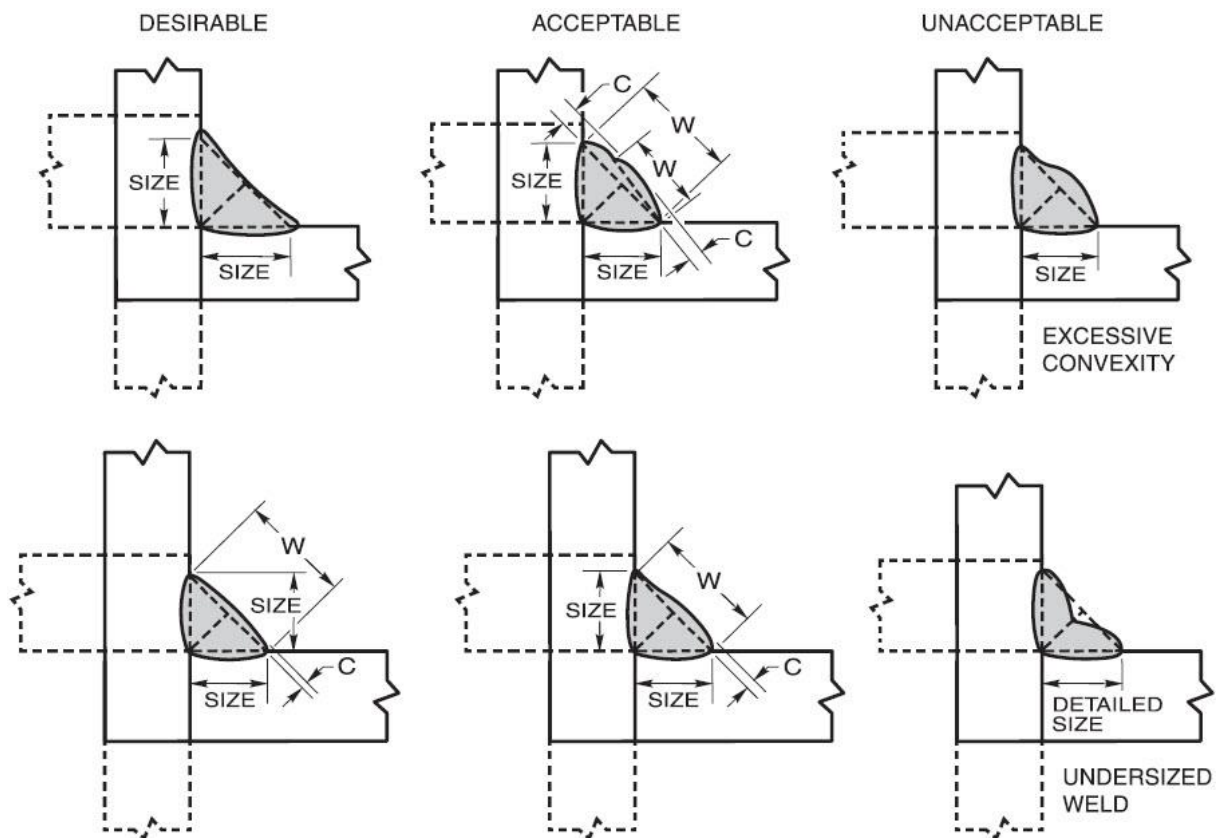


FIGURE B – FILLET WELD PROFILE REQUIREMENTS FOR INSIDE CORNER JOINTS, LAP JOINTS, AND T-JOINTS
(see Tables 2 and 3)

This page is intentionally blank.

3.0 Workmanship Requirements and Visual Inspection Acceptance Criteria – Pipeline

3.1 Workmanship Requirements

3.1.1 Edge preparation details and fit-up dimensions shall be as specified in the WPS.

3.1.2 The beveled ends shall be smooth and uniform.

3.1.3 The alignment of abutting ends shall minimize the offset between surfaces. For pipe ends of the same nominal thickness, the offset shall not exceed 3 mm.

3.1.4 The number of filler and finish beads shall allow the completed weld a substantially uniform cross section around the circumference of the pipe. At no point shall the crown surface fall below the outside surface of the pipe, nor shall it be raised above the parent metal by more than 2 mm.

3.1.5 Adjacent beads shall neither be started nor terminated at the same location.

3.1.6 The face of the completed weld shall be no more than 3 mm wider than the width of the original groove.

3.1.7 The completed weld (including parent metal) shall be thoroughly brushed and cleaned. All spatter shall be removed.

3.1.8 Arc burns on the parent metal surface are unacceptable.

3.1.9 Repair and Removal of Defects

3.1.9.1 Authorization. Company authorization is required for crack repairs, back weld repairs and double repairs. Company authorization is not required for any repairs that do not involve the application of heat or weld metal, such as grinding, filing, etc. Rework is not a repair and does not require Company authorization.

3.1.9.2 Crack Repairs. Cracked welds shall be cut out unless the repair is authorized by the Company. When a crack repair is authorized:

- (1) a cracked weld may be repaired by complete or partial removal of the weld provided the length of a single crack or aggregate length of more than one crack in a single repair area is less than 8% of the weld length using a qualified repair procedure;
- (2) a weld that contains multiple repair areas with cracks shall not be repaired unless the total accumulated repair length is less than 8% of the weld length and a qualified repair procedure is used;
- (3) a double repair of a crack is not permitted. Additional cracking in any weld after repair shall require a cut out;
- (4) shallow crater cracks or star cracks found and contained completely in internal or external weld reinforcement may be repaired by grinding (i.e., abrasive methods) without a qualified repair procedure. If the grinding exceeds the internal or external reinforcement, the reinforcement shall be replaced using a qualified weld procedure.

3.1.9.3 Repairs of Defects Other Than Cracks. Defects other than cracks in the root, filler, and finish beads may be repaired with prior Company authorization. A qualified repair procedure shall be required whenever a repair is made by welding when:

- (1) using a welding process, combination of welding processes, or method of application or filler metals different from that used to make the original weld; or
- (2) repairs are made in a previously welded repair area; or
- (3) required by the Company.

3.1.9.4 Grinding Repairs. Grinding repairs may be used to remove defects in the reinforcement of root beads and cover passes provided:

- (1) there is a smooth transition free of undercutting and other imperfections between the ground area and the original weld, and
- (2) pipe surface contour and the minimum wall and weld thickness requirements are not violated.

If the minimum wall/weld thickness is not known, the grinding depth is limited to the excess root bead penetration or external reinforcement. The grinding repair length and number of grinding repair areas is not limited. Grinding repairs do not require the use of a qualified repair procedure.

3.1.9.5 Back Weld Repairs. When back weld repairs are permitted by the Company, a repair procedure shall be qualified.

3.1.9.6 Welded Double Repairs. A double repair requires prior Company authorization. Subsequent repair of a double repair weld is not permitted.

3.1.9.7 Weld Repair and Inspection Procedure. Defects may be removed by grinding, chipping, or gouging or a combination of these methods followed by a weld repair. Prior to welding, the repair groove shall be examined visually and by either PT or MT to verify complete removal of the defect. Preheat and interpass heat treatment shall be the same as required for the original weld. The completed repair shall be visually examined and the entire weld shall be radiographed.

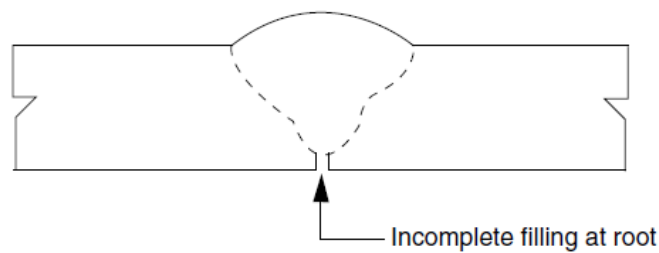
3.2 Visual Inspection Acceptance Criteria

3.2.1 Inadequate Penetration Without High-low (IP). Inadequate penetration without high-low is defined as the incomplete filling of the weld root. This condition is shown schematically in Figure C. IP shall be considered a defect should any of the following conditions exist:

3.2.1.1 The length of an individual indication of IP exceeds 25 mm.

3.2.1.2 The aggregate length of indications of IP in any continuous 300 mm length of weld exceeds 25 mm.

3.2.1.3 The aggregate length of indications of IP exceeds 8% of the weld length in any weld less than 300 mm in length.



Note: One or both root faces may be inadequately filled at the inside surface.

FIGURE C – Inadequate Penetration Without High-Low (IP)

3.2.2. Inadequate Penetration Due to High-low (IPD). Inadequate penetration due to high-low is defined as the condition that exists when one edge of the root is exposed (or unbonded) because adjacent pipe or fitting joints are misaligned. This condition is shown schematically in Figure D. IPD shall be considered a defect should any of the following conditions exist:

3.2.2.1 The length of an individual indication of IPD exceeds 50 mm.

3.2.2.2 The aggregate length of indications of IPD in any continuous 300 mm length of weld exceeds 75 mm.

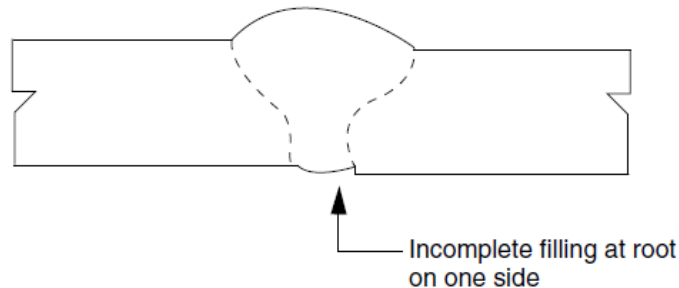


FIGURE D – Inadequate Penetration Due to High-Low (IPD)

3.2.3 Incomplete Fusion (IF). Incomplete fusion is defined as a surface imperfection between the weld metal and the base material that is open to the surface. This condition is shown schematically in Figure E. It shall be considered a defect should any of the following conditions exist:

3.2.3.1 The length of an individual indication of IF exceeds 25 mm.

3.2.3.2 The aggregate length of indications of IF in any continuous 300 mm length of weld exceeds 25 mm.

3.2.3.3 The aggregate length of indications of IF exceeds 8% of the weld length in any weld less than 300 mm in length.

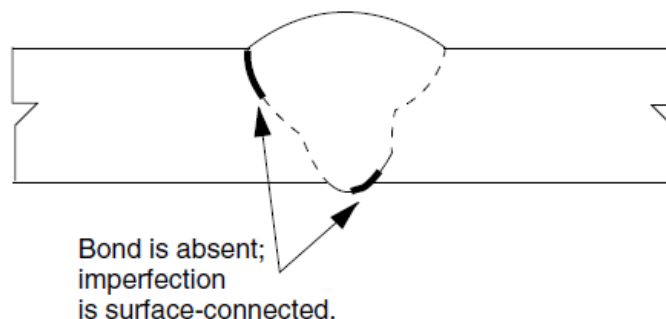


FIGURE E – Incomplete Fusion at Root of Bead or Top of Joint (IF)

3.2.4 Burn-through (BT). A burn-through is defined as a portion of the root bead where excessive penetration has caused the weld puddle to be blown into the pipe resulting in a hole or depression in the root bead of a single groove weld. BT shall be considered a defect should any of the following conditions exist:

3.2.4.1 The maximum dimension exceeds 6 mm.

3.2.4.2 The sum of the dimensions of separate BTs exceeds 13 mm in any continuous 300 mm length of weld or the total weld length, whichever is less.

3.2.5 Porosity (P). Porosity is defined as gas trapped by solidifying weld metal before the gas has a chance to rise to the surface of the molten puddle and escape. Porosity is generally spherical but may be elongated or irregular in shape, such as piping (wormhole) porosity. Porosity shall be considered a defect should any of the following conditions exist:

3.2.5.1 The size of an individual pore exceeds 3 mm.

3.2.5.2 The size of an individual pore exceeds 25% of the thinner of the nominal wall thicknesses joined.

3.2.5.3 Cluster porosity (CP) that occurs in the finish pass shall be considered a defect should any of the following conditions exist:

3.2.5.3.1 The diameter of the cluster exceeds 13 mm.

3.2.5.3.2 The aggregate length of CP in any continuous 300 mm length of weld exceeds 13 mm.

3.2.6 Cracks (C). Cracks shall be considered a defect.

3.2.7 External Undercutting (EU) or Internal Undercutting (IU). Undercutting is defined as a groove melted or any reduction of the parent material adjacent to the toe or root of the weld and left unfilled by weld metal. Undercutting adjacent to the cover pass (EU) or root pass (IU) shall be considered a defect should the maximum dimensions of Table 4 be exceeded.

Table 4 – Maximum Dimensions of Undercutting (EU or IU)	
Depth	Length
> 0.8 mm or > 12.5% of pipe wall thickness, whichever is smaller	Not acceptable
> 0.4 mm but ≤ 0.8 mm or > 6% but ≤ 12.5% of pipe wall thickness, whichever is smaller	50 mm in a continuous 300 mm weld length or one-sixth the weld length, whichever is smaller
≤ 0.4 mm or ≤ 6% of pipe wall thickness, whichever is smaller	Acceptable, regardless of length

3.2.8 Accumulation of Imperfections (AI). Excluding IPD, EU, and IU, any accumulation of otherwise acceptable imperfections such as P, CP, IF, IP, and BT, shall be considered a defect should any of the following conditions exist:

3.2.8.1 The aggregate length of AI in any continuous 300 mm length of weld exceeds 50 mm.

3.2.8.2 The aggregate length of AI exceeds 8% of the weld length.

4.0 Workmanship Requirements and Visual Inspection

Acceptance Criteria – Pressure Piping

4.1 Workmanship Requirements

4.1.1 The internal misalignment of the ends to be joined shall not be greater than 2 mm. When the internal misalignment exceeds the allowable, it is preferred that the component with the wall extending internally be internally trimmed. However, trimming shall result in a piping component thickness not less than the minimum allowable thickness, and the change in contour shall not exceed 30 degrees.

4.1.2 Edge preparation details and the root opening of the joint shall be as specified in the WPS.

4.1.3 Surfaces for welding shall be clean and free from paint, oil, rust, scale, or other material that is detrimental to welding.

4.1.4 The stopping and starting ends of tack welds shall be prepared by grinding or other mechanical means so that they can be satisfactorily incorporated into the final weld. Tack welds that have cracked are unacceptable and shall be removed and rewelded.

4.1.5 After welding commences, the minimum preheat temperature should be maintained until the joint is completed. However, welding may be interrupted and the joint allowed to cool slowly provided a minimum 10 mm thickness of weld is deposited or 25% of the groove is filled, whichever is less.

4.1.6 Arc strikes outside the area of the intended weld are unacceptable.

4.1.7 As-welded surfaces, including tie-ins, shall be smooth, uniform, and free from overlap.

4.1.8 Base metal surfaces shall be free of spatter.

4.1.9 Repair Welding. Any discontinuities in excess of the maximum permitted in 4.2 shall be removed and may be repaired by welding after the area has been magnetic particle or dye penetrant inspected to assure complete removal of discontinuities.

4.1.9.1 Defect Removal. All defects in welds or base materials requiring repair shall be removed by flame or arc gouging, grinding, chipping, or machining. Preheating may be required for flame or arc gouging on certain alloy materials of the air hardening type in order to prevent surface checking or cracking adjacent to the flame or arc gouged surface. When a defect is removed but welding repair is unnecessary, the surface shall be contoured to eliminate any sharp notches or corners. The contoured surface shall be reinspected by the same means originally used for locating the defect.

4.1.9.2 Repair Welds. Repair welds shall be made in accordance with a WPS using qualified welders, recognizing that the cavity to be repair welded may differ in contour and dimension from a normal joint preparation and may present different restraint conditions. All repair welds shall meet the visual acceptance criteria of 4.2.

4.1.9.3 Inspection. All weld repairs of depth exceeding 25 mm or 20% of the section thickness, whichever is the lesser (as measured from the pipe surface), shall be inspected by radiography and by magnetic particle or dye penetrant inspection of the finished weld surface. All weld repairs of depth less than 20% of the section thickness, or 25 mm, whichever is the lesser shall be examined by magnetic particle or dye penetrant inspection of the first layer of each 6 mm thickness of deposited weld metal, and of the finished weld surface. Magnetic particle or dye penetrant testing of the finished weld surface shall be done after postweld heat treatment.

4.2 Visual Inspection Acceptance Criteria. Any of the following indications are unacceptable:

4.2.1 Cracks

4.2.2 Undercut that is greater than 0.8 mm deep. This also includes any other reduction of base metal at the weld toes.

4.2.3 Weld reinforcement greater than specified in Table 5

Table 5			
Thickness of Base Metal (mm)	Maximum Thickness of Reinforcement for Design Temperature		
	>400°C mm	175°C - 400°C mm	<175°C mm
Up to 3, incl.	2	2.5	5
Over 3 to 5, incl.	2	3	5
Over 5 to 13, incl.	2	4	5
Over 13 to 25, incl.	2.5	5	5
Over 25 to 50, incl.	3	6	6
Over 50	4	note (a)	note (a)

(a) The greater of 6 mm or 1/8 times the width of the weld.

NOTES:

1. For double welded butt joints, this limitation on reinforcement given above shall apply separately to both inside and outside surfaces of the joint.
2. For single welded butt joints, the reinforcement limits given above shall apply to the outside surface of the joint only.
3. The thickness of weld reinforcement shall be based on the thickness of the thinner of the materials being joined.
4. The weld reinforcement thicknesses shall be determined from the higher of the abutting surfaces involved.
5. Weld reinforcement may be removed if so desired.

4.2.4 Lack of fusion

4.2.5 Incomplete penetration

4.2.6 Any other linear indications greater than 5 mm long

4.2.7 Surface porosity with rounded indications having dimensions greater than 5 mm or four or more rounded indications separated by 2 mm or less edge to edge in any direction. Rounded indications are indications that are circular or elliptical with their length less than three times their width.

5.0 Procedure Qualification Requirements

5.1 Welding Procedure Specification Data.

Table 6 indicates the welding data to be included in a WPS for each welding process. A WPS may be presented in any format, written or tabular, provided the data required in Table 6 are included. A suggested WPS format appears in Annex VII. The WPS may list variables recorded on the PQR within the full range permitted for qualification variables and for practical limits determined by the welding organization for other welding data.

**Table 6
WPS Data Matrix**

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.1.1 Joint Design							
(1) Joint type and dimensions.	X		X		X		X
(2) Treatment of backside, method of gouging/preparation.	X		X		X		X
(3) Backing material, if used.	X		X		X		X
5.1.2 Base Metal							
(1) M-Number and Group Number.	X		X		X		X
(2) Thickness range qualified.	X		X		X		X
(3) Diameter (tubular only).	X		X		X		X
(4) The coating description or type, if present.	X		X		X		X
5.1.3 Filler Metals							
(1) Specification, classification, F- and A-Number, or if not classified the nominal composition.	X		X		X		X
(2) Weld metal thickness by process and filler metal classification.	X		X		X		X
(3) Filler metal size or diameter.	X		X		X		X
(4) Penetration enhancing flux.					X		
(5) Supplemental filler metal.	X		X		X		
(6) Consumable insert and type.					X		
(7) Energized filler metal "hot."					X		
5.1.4 Position							
(1) Welding position(s).	X		X		X		X
(2) Progression for vertical welding.	X		X		X		X

Table 6
WPS Data Matrix (Cont'd)

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.1.5 Preheat and Interpass							
(1) Preheat minimum.	X		X		X		X
(2) Interpass temperature maximum (if applicable).	X		X		X		X
(3) Preheat maintenance.	X		X		X		X
5.1.6 Heat Treatment							
(1) PWHT temperature and time.	X		X		X		X
5.1.7 Shielding Gas							
(1) Torch shielding gas and flow rate range.	X		X		X		
(2) Root shielding gas and flow rate range.					X		
5.1.8 Electrical							
(1) Current (or wire feed speed), current type, and polarity.	X		X		X		X
(2) Voltage range (except for manual welding).	X		X		X		
(3) Specification, classification, and diameter of tungsten electrode.					X		
(4) Transfer mode.	X		X				
(5) A change to or from pulsed current.	X		X		X		X
5.1.9 Variables							
(1) Welding process and whether manual, semiautomatic, mechanized, or automatic.	X		X		X		X
(2) For mechanized or automatic, single or multiple electrode and spacing.	X		X		X		
(3) Single or multipass.	X		X		X		X
(4) Contact tube to work distance.	X		X				
(5) Cleaning.	X		X		X		X
(6) Peening.	X		X		X		X
(7) Stringer or weave bead.	X		X		X		X
(8) Travel-speed range for mechanized or automatic welding and manual applications requiring heat input calculations.	X		X		X		

5.2 Procedure Qualification Variables. A change in a WPS beyond that allowed in this clause shall require requalification of the procedure and preparation of a new or revised WPS. Changes not addressed in this clause shall not require requalification, provided such changes are documented in a new or revised WPS.

5.2.1 Test Weldments. The welding organization shall prepare a sufficient number of qualification test weldments to cover the anticipated processes, materials, thicknesses, etc. as described herein. Each groove test weldment shall be large enough to provide the necessary test specimens required in 5.3.

5.2.1.1 For the welding of base metals with different M-Numbers, a procedure qualification test shall be made for each combination of M-Numbers to be joined. However, a procedure qualification test with one M-Number shall also qualify for that metal welded to itself and to each of the lower M-Number metals for:

- (1) Base metals M-1, M-3, M-4, and M-5A; and
- (2) Welding processes SMAW, GTAW, GMAW, and FCAW.

(Example: M-5A to M-5A would qualify for M-5A to M-5A, as well as M-5A to M-4, M-5A to M-3, and M-5A to M-1. Refer to Annexes III-A and III-B for listings of base metal M-Numbers)

5.2.1.2 If fracture toughness testing is required, then procedure qualification shall be made for each combination M-Number and Group Number to be joined. A procedure qualification shall be made for each M-Number and Group Number combination of base metals, even though procedure qualification tests have been made for each of the two base metals welded to itself.

(1) If the Welding Procedure Specification (WPS) for welding the combination of base metals specifies the same qualification variables, including electrode or filler metal, as both WPSs for welding each base metal to itself, such as that the base metal is the only change, then the WPS for welding the combination of base metals is also qualified.

(2) When base metals of two different M-Numbers and Group Numbers are qualified using a single test weldment, that test weldment qualifies the welding of those two M-Numbers and Group Numbers to themselves as well as to each other using the variables qualified.

5.2.2 Qualification Thickness Limitations

5.2.2.1 Limitations on the thickness ranges qualified by procedure qualification tests are given in Table 7.

5.2.2.2 The limitations in Table 7 are based upon the base metal and weld metal thickness for groove welds.

5.2.2.3 Complete penetration groove welds shall also qualify partial penetration groove welds, fillet welds, and weld buildups within the qualification limits given in Table 7.

5.2.2.4 In addition to the welding data required to be included in the WPS by 5.1, when multiple process or multiple filler metal classifications are used in a single test weldment, the thickness ranges permitted for use in the WPS shall apply separately to each welding process and filler metal classification. The weld deposit thickness for each welding process and each filler metal classification used in the qualification test shall be recorded on the PQR.

5.2.2.5 In addition to the procedure qualification variables required to be recorded on the PQR by 5.2.3, the weld deposit thickness for each welding process and each filler metal classification used in the qualification test shall be recorded on the PQR for all applications.

Table 7
Thickness Limitation of Plate and Pipe for Groove Welds
for Procedure Qualification

Test Weldment Thickness (T), mm ^a	Base Metal Thickness Qualified ^{b,c,d,e,f}		Deposit Weld Metals Thickness Qualified (t) ^{b, g}
	Minimum, mm	Maximum, mm	Maximum, mm
Less than 2	1/2T	2T	2t
2 to 10	2	2T	2t
Over 10, but less than 19	5	2T	2t
19 to less than 38	5	2T	2t when t < 19 2T when t ≥ 19
38 to less than 150	5	200	2t when t < 19 200 when t ≥ 19
150 and over	25	1.33T	2t when t < 19 200 when 19 ≤ t < 150 1.33t when t ≥ 150

(a) When the groove is filled using a combination of welding processes:

- (1) The test weldment thickness “T” is applicable for the base metal and shall be determined from the Base Metal Thickness Qualified column.
- (2) The thickness “t” of the weld metal for each welding process shall be determined from the Deposited Weld Metal thickness column.
- (3) Each welding process qualified in this combination manner may be used separately only within the same qualification variables and the thickness limits.

(b) For GMAW-S, the maximum thickness of base metal qualified is 1.1 times the thickness of the test weldment until the test weldment thickness is 13 mm, beyond which Table 7 applies. The maximum weld metal thickness qualified is 1.1 times the GMAW-S weld metal thickness deposited in the weldment. In addition, for thickness 10 mm thick and greater, side bend tests shall be used to qualify GMAW-S WPSs.

(c) For fracture toughness applications, minimum base metal thickness qualified is T or 16 mm, whichever is less.

(d) If any single pass in the test weldment base metal is greater in thickness than 13 mm, the qualified base metal thickness is 1.1 times the test weldment thickness.

(e) If a test weldment receives a postweld heat treatment exceeding the lower transformation temperature, the maximum base metal thickness qualified is 1.1 times the base metal thickness of the test weldment, and the maximum weld thickness qualified is 1.1 times the weld metal of the test weldment.

(f) For base metals equal to or less than 10 mm, fillet welds have the same base metal thickness qualifications as groove welds. For base metals thickness greater than 10 mm, the maximum base metal thickness qualified for fillet welds is unlimited.

(g) Deposited weld metal thickness limitations do not apply to fillet welds or weld buildups.

NOTES:

T = The thickness of the Test Weldment Base Metal.

t = The thickness of the Weld Deposit, excluding reinforcement.

5.2.3 Table 8 lists the procedure qualification variables to be recorded on the PQR for each welding process. A change in a procedure qualification variable beyond the limits shown in Table 8 shall require a new or revised WPS and a new PQR. The PQR shall list the actual values of the variables used. The key to the entries in the body of the table is as follows:

Q—Qualification variable for all applications

T— Qualification variable for all fracture toughness applications

Table 8
PQR Data Matrix

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.2.3.1 Joint Design							
(1) A change from a fillet to a groove weld.	Q		Q		Q		Q
(2) A change in the M-Number of backing.	Q		Q		Q		Q
5.2.3.2 Base Metal							
(1) A change in base metal thickness beyond the range permitted in 5.2.2.	Q		Q		Q		Q
(2) A change from one M-Number base metal to another M-Number base metal or to a combination of M-Number base metals, except as permitted in 5.2.1.1.	Q		Q		Q		Q
(3) A change from one M-Number Group Number to any other M-Number Group Number, except as permitted in 5.2.1.2.	T		T		T		T
(4) A change from one M-5 group (A, B, etc.) to any other. A change from M-9A to M-9B, but not vice versa. A change from one M-10 or M-11 group (A, B, etc.) to any other group.	Q		Q		Q		Q
5.2.3.3 Filler Metals							
(1) A change from one F-Number to any other F-Number or to any filler metal not listed in Annex II.	Q		Q		Q		Q
(2) For ferrous materials, a change from one A-Number to any other A-Number.	Q		Q		Q		Q

Table 8
PQR Data Matrix (Cont'd)

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.2.3.3 Filler Metals (Cont'd)							
(3) A change in filler metal tensile strength exceeding 60 MPa, or a change in filler metal classified to a strength lower than the specified minimum tensile strength designator of the base metal.	Q		Q		Q		Q
(4) The addition or deletion of filler material.					Q		
(5) A change in the weld metal thickness beyond that permitted in 5.2.2.	Q		Q		Q		Q
5.2.3.4 Preheat and Interpass Temperature							
(1) A decrease in preheat of more than 55°C from that qualified.	Q		Q		Q		Q
(2) An increase of more than 55°C in the maximum interpass temperature from that recorded on the PQR.	T		T		T		T
5.2.3.5 Postweld Heat Treatment							
(1) For the following M-Numbers 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, and 11 a change from any one condition to any other requires requalification: (a) No PWHT. (b) PWHT below the lower transformation temperature. (c) PWHT within the transformation temperature range. (d) PWHT above the upper transformation temperature. (e) PWHT above the upper transformation temperature, followed by treatment below the lower transformation temperature.	Q		Q		Q		Q
(2) For all materials not covered above, a separate PQR is required for no PWHT and PWHT.	Q		Q		Q		Q

Table 8
PQR Data Matrix (Cont'd)

	F C A W		G M A W		G T A W		S M A W
5.2.3.6 Shielding Gas							
(1) Addition or deletion of torch shielding gas.	Q		Q		Q		
(2) A change in the specified nominal composition of shielding gas.	Q		Q		Q		
5.2.3.7 Electrical Characteristics							
(1) An increase in heat input or volume of weld metal deposited per unit length of weld, over that qualified, except when a grain refining austenitizing heat treatment is applied after welding. The increase may be measured by either of the following:	T		T		T		T
(a) Heat Input (kJ/mm) = $\frac{\text{Volts} \times \text{Amps} \times 0.06}{\text{Travel Speed (mm/min)}}$							
(b) Weld Metal Volume—An increase in bead size, (width x thickness) or a decrease in the length of weld bead per unit length of electrode.							
(2) A change in the mode of metal transfer from short circuiting to globular, spray, or pulsed and vice versa.	Q		Q				
5.2.3.8 Other Variables							
(1) A change in welding process.	Q		Q		Q		Q
(2) A change exceeding $\pm 20\%$ in the oscillation variables for mechanized or automatic welding.	T		T		T		
(3) A change from multipass per side to single pass per side.	T		T		T		T
(4) A change from a stringer bead to a weave bead in vertical uphill welding.	T		T		T		T

5.3 Procedure Qualification Test Requirements

5.3.1 Evaluation of Groove Test Weldments. Test weldments shall be subjected to the following:

- (1) Visual Examination
- (2) Guided Bend Test
 - (a) 4 side bend specimens, or
 - (b) 2 face bend and 2 root bend specimens

Side bend specimens may be substituted for face and root bend specimens for metal thicknesses from 10 to 19 mm inclusive. For metal over 19 mm thick, side bend specimens are required. For base metals 10 mm thick and greater, side bends are required for GMAW-S.

- (3) Tension Test
 - (a) 2 transverse specimens
- (4) CVN Fracture Toughness (if required)
 - (a) 3 specimens from weld metal
 - (b) 3 specimens from HAZ

5.4 Procedure Qualification Acceptance Criteria

5.4.1 Visual Examination Acceptance Criteria. Prior to removing specimen blanks from the completed test weldment, the weld shall be visually examined on all accessible surfaces and shall meet the following criteria:

- 5.4.1.1** There shall be no evidence of cracks, incomplete fusion, or incomplete joint penetration.
- 5.4.1.2** The depth of undercut shall not exceed the lesser of 10% of the base metal thickness or 0.8 mm.
- 5.4.1.3** Porosity shall not exceed the limitations of clause 2.0, 3.0, or 4.0, as applicable.

5.4.2 Bend Criteria. Transverse bend specimens shall be prepared as specified in Annex IV. The specimen edge radius shall not exceed 3 mm. It is recommended, but not a requirement, that the specimen grinding direction be parallel to the direction of bending. For face bend specimens, the weld face side shall be on the convex side of the bend specimen. For root bend specimens, the weld root side shall be on the convex side of the bend specimen. Side bend specimens may be bent in either direction. For all transverse bend specimens, the weld metal and heat-affected zone shall be completely within the bent portion of the specimen after bending.

Unless otherwise specified, specimens containing a rejectable discontinuity shall be considered as failed, regardless of their conformance to preparation or bending requirements. Specimens not meeting preparation or bending requirements that do not contain a rejectable discontinuity shall be disregarded and a replacement specimen prepared from the original weldment shall be tested.

The convex surface of the bend test specimen (beginning at the edge of the specimen and including the specimen edge radius) shall be visually examined and meet the requirements of 5.4.2.1, 5.4.2.2 or 5.4.2.3, as applicable.

5.4.2.1 Structural Steel Applications. For acceptance, the surface shall contain no discontinuities in the weld or heat-affected zone per the following:

- (1) >3 mm measured in any direction on the surface, or
- (2) >10 mm —the sum of the greatest dimensions of all discontinuities exceeding 0.8 mm, but less than or equal to 3 mm, or
- (3) 6 mm —the maximum corner crack, except when that corner crack results from visible slag inclusion or other fusion type discontinuity, then the 3 mm maximum shall apply.

Specimens with corner cracks exceeding 6 mm with no evidence of slag inclusions or other fusion type discontinuity shall be disregarded, and a replacement test specimen from the original weldment shall be tested.

5.4.2.2 Pipeline Applications. The bend test shall be considered acceptable if no crack or other imperfection exceeding 3 mm or one-half the specified wall thickness, whichever is smaller, in any direction is present in the weld or between the weld and the fusion zone after bending. Cracks that originate on the outer radius of the bend along the edges of the specimen during testing and that are less than 6 mm, measured in any direction, shall not be considered unless obvious imperfections are observed.

5.4.2.3 Pressure Piping Applications. For acceptance, the surface shall contain no discontinuities in the weld or heat-affected zone per the following:

- (1) >3 mm measured in any direction on the surface.
- (2) Open discontinuities occurring on the corners of the specimen during testing shall not be considered and a replacement test specimen from the original weldment shall be tested unless there is definite evidence that the open discontinuities result from lack of fusion, slag inclusions, or other internal discontinuities.

5.4.3 Tension Test Criteria. The procedures and method for tension testing shall conform to AWS B4.0, *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds*. (Note: B4.0 is referenced, but not needed when taking this examination.) Each tensile test specimen shall have a tensile strength not less than the following:

5.4.3.1 The minimum tensile strength of the base metal as specified in Annex III-B, or of the weaker of the two base metals if metals of different minimum tensile strength are used; or

5.4.3.2 The specified minimum tensile strength of the electrode or filler metal classification when undermatching filler metal is used; or

5.4.3.3 If the specimen breaks in the base metal outside of the weld or weld interface, the test shall be accepted, provided the strength is not more than 5% below the specified minimum tensile strength of the base metal; or

5.4.3.4 If the base metal has no specified minimum tensile strength then failure in the base metal shall be acceptable.

5.4.4 CVN Fracture Toughness Criteria. For fracture toughness testing, the type of test, number of specimens, and acceptance criteria shall be as specified. The procedures and apparatus shall conform to the requirements of AWS B4.0, *Standard Methods for Mechanical Testing of Welds*. (Note: B4.0 is referenced, but not needed when taking this examination.)

5.5 Procedure Qualification Documentation. Welding variables used to produce an acceptable test weldment and the results of tests conducted on that weldment to qualify a WPS shall be recorded on a Welding Procedure Qualification

Record (PQR). The PQR may be presented in any format, written or tabular. A suggested format for the PQR is included in Annex VIII. The WPS shall reference all PQR's which support the qualification of that WPS.

6.0 Performance Qualification Requirements

6.1 General

6.1.1 This specification addresses the requirements for welder performance qualifications. It does not contain requirements for welding operators or tack welders. Tack welds shall be made by welders qualified in accordance with this specification.

6.1.2 Welder qualification on one WPS will also qualify for welding with any other WPS within the performance qualification variables specified in 6.2.

6.1.3 Completion of an acceptable procedure or performance qualification test shall qualify the welder who welded the test weldment within the limits of performance qualification variables specified in 6.2.

6.1.4 Qualification on a complete joint penetration groove weld also qualifies the welder for partial joint penetration groove welds and fillet welds. Qualification on a partial joint penetration groove weld qualifies only for partial joint penetration groove welds and fillet welds.

6.2 Performance Qualification Variables

A change in any variable listed below from that which was used in a welder's qualification test will require requalification of that welder:

(1) A change in welding process except that welders qualified with GMAW spray, pulsed spray, or globular transfer are also qualified to weld with gas shielded FCAW and vice versa.

(2) The deletion of backing.

(3) A change in filler metal F-Number except as allowed in 6.3.2.2.

(4) A change in base metal except as permitted in 6.3.2.1.

(5) For GTAW, a change from alternating to direct current or vice versa, or a change in polarity.

(6) A change in position from that qualified, except as permitted in 6.3.2.3.

(7) A change in vertical weld progression from uphill to downhill, or vice versa for any pass except root passes that are completely removed by back gouging or final passes used to dress the final weld surface.

(8) For GMAW, a change from spray transfer, globular transfer, or pulsed spray welding to short-circuiting transfer; or vice versa.

(9) For GMAW or GTAW, omission or addition of consumable inserts, or deletion of root shielding gas except for double welded butt joints, partial penetration groove, and fillet welds.

(10) A change in thickness or diameter from that tested except as permitted in Tables 9 and 10.

Table 9
Limitations for Performance Qualification on Groove Welds in Pipe and Tube

Test Weldment, mm		Qualifies for Pipe and Plate			
		Minimum Outside Diameter, mm		Maximum Deposit Thickness	
Outside Diameter	Deposit Thickness (t)	Grooves	Fillets	Grooves	Fillets
Less than 25		Size welded	All		
25 through 73		25	All		
Over 73		73	All		
	Less than 19			2t	All
	19 and over			Unlimited	All

t = The thickness of the Weld Deposit, excluding reinforcement.

Note:

For GMAW-S, the maximum weld metal thickness qualified shall not exceed 1.1 times the thickness of weld metal deposited by the GMAW-S process in the qualification test. For base metals 10 mm thick and greater, side bends are required for GMAW-S.

Table 10
Limitations for Performance Qualification in Plate Groove Welds

Test Weldment Thickness (T), mm	Qualifies for Plate ^a	
	Deposit Thickness (t), Maximum ^b	Fillet Weld Size
< 19	2t	Unlimited
≥ 19	Unlimited	Unlimited

^a Qualification on plate will also qualify for groove welds in pipe over 600 mm in diameter.

^b For GMAW-S, the maximum weld metal thickness qualified shall not exceed 1.1 times the thickness of weld metal deposited by the GMAW-S process in the qualification test. For base metals 10 mm thick and greater, side bends are required for GMAW-S.

NOTES:

T = The thickness of the Test Weldment Base Metal.

t = The thickness of the Weld Deposit, excluding reinforcement.

6.3 Performance Qualification Test Requirements

6.3.1 Qualification by Standard Test. Qualification requires completion of a standard test weldment in accordance with a qualified WPS, evaluation of the test weldment by the methods listed in Table 11, and acceptance of the weldment in accordance with the criteria of 6.4, Examination Acceptance Criteria. The number of bend tests required for each position and product form is shown in Table 12.

Table 11
Examination Requirements for Performance Qualification

Type of Test	Tube or Sheet Less than 2 mm	Pipe or Plate Equal to or Greater than 2 mm
	Groove	Groove
Visual Examination	Yes	Yes
Radiography	No	Yes ^a (in lieu of bends)
Bend Test	No	Yes ^{a, b}

^a Radiography may be substituted for bend testing for the SMAW, GTAW, GMAW (except short-circuiting), and FCAW processes, as applicable, for qualifications.

^b See Table 12.

Table 12
Number of Bend Tests for Performance Qualification

	Product Form			
	Plate	Pipe	Tube	Sheet
1G	2	2	2	2
2G	2	2	2	2
3G	2	—	—	2
4G	2	—	—	2
5G	—	4	4	—
6G	—	4	4	—

6.3.2 Test Weldments

6.3.2.1 Qualification is valid only for metals having the same M-Numbers, except as otherwise permitted in Table 13.

6.3.2.2 Tests shall be performed using a filler metal which has an assigned F-Number listed in Annex II. Table 14 provides a matrix showing filler metals which, if used in qualification testing, will qualify that welder to use other filler metals without further testing. A test using a filler metal not assigned an F-Number in Annex II shall qualify only for that filler metal.

6.3.2.3 Test coupons welded in the specific test positions qualify the welder to weld plate or pipe as permitted in Table 15.

6.3.2.4 One or more welding process may be qualified on a single test weldment. Multiple welders may be qualified for specific portions of one test. Failure of any portion of such test weldments constitutes failure for all processes and welders used in that test weldment.

Table 13
Allowable Base Metals for Performance Qualification

Test Weldment Material ^a	Qualifies for Production Welding Materials
M-1 through M-11	M-1 through M-11

^a If materials not listed in Annex III are used for qualification tests, the welder shall be qualified to weld only on the material used in the test weldment.

Table 14
Allowable Filler Metals for Performance Qualification

Filler Metal Used In Qualification Test	Qualifies a Welder to Use the Filler Metals Listed Below
F-Number 1 through 5	The F-Number used in the test and any lower F-Number
F-Number 6 ^a	All F-Number 6 filler metals

^a Deposited solid bare wire, which is not covered by an AWS specification but which conforms to an A-Number analysis in Annex I may be considered classified as F-Number 6.

Table 15
Position Limitation for Performance Tests

Test Positions ^d		Qualified Position ^c		
		Groove		Fillet
Weld	Position	Plate and Pipe Over 600 mm O.D.	Pipe ≤ 600 mm O.D.	Plate and Pipe
Plate Groove	1G	F		F, H
	2G	F, H		F, H
	3G	F, V		F, H, V
	4G	F, O		F, H, O
	3G and 4G	F, V, O		All
	2G, 3G, and 4G	All		All
Plate Fillet	1F	—	—	F
	2F	—	—	F, H
	3F	—	—	F, H, V
	4F	—	—	F, H, O
	3F and 4F	—	—	All
Pipe Groove ^{a,b}	1G	F	F	F, H
	2G	F, H	F, H	F, H
	5G	F, V, O	F, V, O	All
	6G	All	All	All
	2G and 5G	All	All	All
Pipe Fillet	1F	—	—	F
	2F	—	—	F, H
	2FR	—	—	F, H
	4F	—	—	F, H, O
	5F	—	—	All

^a Welders qualified on tubular product forms may weld on both tubular and plate in accordance with any restrictions on diameter contained in other portions of this document.

^b See Table 9.

^c F = Flat, H = Horizontal, V = Vertical, O = Overhead.

^d Welding test position definitions are as defined in AWS A3.0, "Standard Welding Terms and Definitions".

6.4 Performance Qualification Acceptance Criteria

6.4.1 Visual. Examination procedures and acceptance criteria shall be as specified in the following paragraphs.

6.4.1.1 Visual Examination Procedure. The test weld may be examined visually at any time, and the test terminated at any stage if the necessary skills are not exhibited. The completed test weld shall be visually examined.

6.4.1.2 Visual Examination Acceptance Criteria. Acceptance criteria for visual examination of standard test plate and pipe weldments shall be as follows:

- (1) No cracks or incomplete fusion.
- (2) No incomplete joint penetration in groove welds, except where partial joint penetration groove welds are specified.
- (3) Undercut depth shall not exceed the lesser of 10% of the base metal thickness or 0.8 mm.
- (4) Face reinforcement or root reinforcement shall not exceed 3 mm.
- (5) No single pore shall exceed 2.5 mm diameter.

6.4.2 Bend Tests. Bend testing requirements and acceptance criteria are as specified in 5.3.1(2) and 5.4.2.

6.5 Performance Qualification Documentation

The qualification test for each welder shall be documented for both acceptable and unacceptable tests. There is no required format for Welder Performance Qualification Test Records (WQTR). Any WQTR form may be used. See Annex IX for a suggested format. The documentation shall:

- (1) Identify the WPS used;
- (2) Address each of the qualification variables in 6.2;
- (3) Identify test and examination methods used and results; and
- (4) Identify the limits of qualification for the welder.

Annex I (Normative) – A Number Table**Classification of Ferrous Weld Metal for Procedure Qualification**

A-No.	Type of Weld Metal	Chemical Composition, wt %					
		C	Cr	Mo	Ni	Mn	Si
1	Low-carbon	0.20	0.20	0.30	0.50	1.60	1.00
2	Carbon-Molybdenum	0.15	0.50	0.40–0.65	0.50	1.60	1.00
3	Chromium-Molybdenum	0.15	0.40–2.00	0.40–0.65	0.50	1.60	1.00
4	Chromium-Molybdenum	0.15	2.00–4.00	0.40–1.50	0.50	1.60	2.00
5	Chromium-Molybdenum	0.15	4.00–10.5	0.40–1.50	0.80	1.20	2.00
6	Chromium, martensitic	0.15	11.00–15.0	0.70	0.80	2.00	1.00
7	Chromium, ferritic	0.15	11.00–30.0	1.00	0.80	1.00	3.00
8	Chromium-Nickel	0.15	14.50–30.0	4.00	7.50–15.00	2.50	1.00
9	Chromium-Nickel	0.30	19.0–30.0	6.00	15.0–37.00	2.50	1.00
10	Nickel	0.15	0.50	0.55	0.80–4.00	1.70	1.00
11	Manganese-Molybdenum	0.17	0.50	0.25–0.75	0.85	1.25–2.25	1.00
12	Nickel-Chromium-Molybdenum	0.15	1.50	0.25–0.80	1.25–2.80	0.75–2.25	1.00

Note:

Single values in this table are maximum values.

This page is intentionally blank.

Annex II (Normative) – F Number Table

Grouping of Welding Electrodes and Rods for Qualification		
F-No.	AWS Specification	AWS Classification
Steel		
1	A5.1	EXX20, EXX22, EXX24, EXX27, EXX28
1	A5.4	EXXX(X)-26
1	A5.5	EXX20-XX, EXX27-XX
2	A5.1	EXX12, EXX13, EXX14, EXX19
2	A5.5	E(X)XX13-XX
3	A5.1	EXX10, EXX11
3	A5.5	E(X)XX10-XX, E(X)XX11-XX
4	A5.1	EXX15, EXX16, EXX18, EXX18M, EXX48
4	A5.4 other than austenitic and duplex	EXXX(X)-15, EXXX(X)-16, EXXX(X)-17
4	A5.5	E(X)XX15-XX, E(X)XX16-XX, E(X)XX18-XX, E(X)XX18M, E(X)XX18M1, E(X)XX45-P2
5	A5.4 austenitic and duplex	EXXX(X)-15, EXXX(X)-16, EXXX(X)-17
6	A5.9	All Classifications
6	A5.18	All Classifications
6	A5.20	All Classifications
6	A5.22	All Classifications
6	A5.28	All Classifications
6	A5.29	All Classifications
6	A5.30	INMs-X, IN5XX, IN3XX(X)

This page is intentionally blank.

Annex III-A (Normative)

List of Base Metal Specifications—Ferrous Alloys

Standard	Base Metal Specification	Material Number	Group Number	Type, Grade, or Alloy Designation	UNS Number	Product Form
Steel and Steel Alloys						
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02599	Plate & Bars
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02598	Plate & Bars
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02597	Plate & Bars
ASTM	A 36	1	1	A 36	K02596	Plate & Bars
ASTM	A 106	1	1	Grade B	K03006	Seamless Pipe
ASTM	A 106	1	2	Grade C	K03501	Seamless Pipe
ASTM	A 202	4	1	Grade A	K11742	Plate
ASTM	A 202	4	1	Grade B	K12542	Plate
ASTM	A 203	9A	1	Grade A	K21703	Plate
ASTM	A 203	9A	1	Grade B	K22103	Plate
ASTM	A 203	9B	1	Grade D	K31718	Plate
ASTM	A 203	9B	1	Grade E	K32018	Plate
ASTM	A 204	3	1	Grade A	K11820	Plate
ASTM	A 204	3	2	Grade B	K12020	Plate
ASTM	A 204	3	2	Grade C	K12320	Plate
ASTM	A 225	10A	1	Grade C	K12524	Plate
ASTM	A 225	10A	1	Grade D	—	Plate
ASTM	A 240	6	1	Type 410	S41000	Plate
ASTM	A 240	6	2	Type 429	S42900	Plate
ASTM	A 240	6	4	Grade S41500	S41500	Plate
ASTM	A 240	7	1	Type 405	S40500	Plate
ASTM	A 240	7	1	Type 409	S40900	Plate
ASTM	A 240	7	1	Type 410S	S41008	Plate
ASTM	A 240	7	2	Type 18-2	S44400	Plate
ASTM	A 240	7	2	Type 430	S43000	Plate
ASTM	A 240	8	2	S30815	S30815	Plate, Sheet & Strip
ASTM	A 312	8	1	TP304	S30400	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 312	8	1	TP304L	S30403	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 312	8	1	TP316	S31600	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 312	8	1	TP316L	S31603	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 312	8	3	TPXM-19	S20910	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 312	8	3	TP-11	S21904	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 312	8	4	317LM	S31725	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 312	8	4	S31254	S31254	Seamless & Welded Pipe
ASTM	A 333	4	2	Grade 4	K11267	Pipe
ASTM	A 333	9A	1	Grade 7	K21903	Pipe
ASTM	A 333	9A	1	Grade 9	K22035	Pipe
ASTM	A 333	9B	1	Grade 3	K31918	Pipe
ASTM	A 335	4	1	Grade P11	K11597	Pipe
ASTM	A 335	4	1	Grade P12	K11562	Pipe
ASTM	A 335	5B	2	Grade P91	K91560	Seamless Pipe
ASTM	A 353	11A	1		K81340	Plate
ASTM	A 369	3	1	Grade FP1	K11522	Forged Pipe
ASTM	A 387	3	2	Grade 2, Class 2	K12143	Plate
ASTM	A 387	5A	1	Grade 21, Class 1	K31545	Plate

List of Base Metal Specifications—Ferrous Alloys

Standard	Base Metal Specification	Material Number	Group Number	Type, Grade, or Alloy Designation	UNS Number	Product Form
Steel and Steel Alloys						
ASTM	A 387	5A	1	Grade 21, Class 2	K31545	Plate
ASTM	A 387	5B	1	Grade 5, Class 1	K41545	Plate
ASTM	A 387	5B	1	Grade 5, Class 2	K41545	Plate
ASTM	A 387	5B	2	Grade 91, Class 2	S50460	Plate
ASTM	A 420	11A	1	Grade WPL8	K81340	Pipe
ASTM	A 514	11B	1	Grade A	K11856	Plate
ASTM	A 514	11B	2	Grade E	K11856	Plate
ASTM	A 516	1	1	Grade 55	K01800	Plate
ASTM	A 516	1	1	Grade 65	K02403	Plate
ASTM	A 516	1	2	Grade 70	K02700	Plate
ASTM	A 517	11B	1	Grade A	K11856	Plate
ASTM	A 517	11B	2	Grade E	K21604	Plate
ASTM	A 533	3	3	Type A, Class 1	K12521	Plate
ASTM	A 533	3	3	Type A, Class 2	K12521	Plate
ASTM	A 533	3	3	Type B, Class 1	K12539	Plate
ASTM	A 533	3	3	Type B, Class 2	K12539	Plate
ASTM	A 533	11A	4	Grade A, Class 3	K12521	Plate
ASTM	A 533	11A	4	Grade B, Class 3	K12539	Plate
ASTM	A 543	11A	5	Type B, Class 1	K42339	Plate
ASTM	A 543	11A	5	Type B, Class 3	K42339	Plate
ASTM	A 542	5C	3	Type A, Class 3	K21590	Plate
ASTM	A 542	5C	4	Type A, Class 1	K21590	Plate
ASTM	A 542	5C	5	Type A, Class 2	K21590	Plate
ASTM	A 612	10C	1	—	K02900	Plate
ASTM	A 645	11A	2	—	K41583	Plate
ASTM	A 709	11B	1	Grade 100, Type A	K11856	Plate & Shapes
ASTM	A 709	11B	1	Grade 100W, Type A	K11856	Plate & Shapes
ASTM	A 709	11B	2	Grade 100, Type E	K21604	Plate & Shapes
ASTM	A 709	11B	2	Grade 100W, Type E	K21604	Plate & Shapes
ASTM	A 832	5C	1	Grade 21V	K31830	
ASTM	A 871	3	2	Grade 60	—	Plate
ASTM	A 945	3	2	Grade 65	—	Plate
API	5L	1	1	Grade X42	—	Pipe
API	5L	1	2	Grade X52	—	Pipe
API	5L	1	2	Grade X60	—	Pipe
API	5L	1	4	Grade X80	—	Pipe

Annex III-B (Normative)
Base Metal Specifications & M-Number Tables

M-Number Listing of Base Metals—Ferrous Alloys									
Material Number	Group Number	Standard	Base Metal Specification	Type, Grade, or Alloy Designation	UNS Number	Thickness Limitations mm	Minimum Tensile/Yield Strength,		Nominal Composition
							MPa	Product Form	
Steel and Steel Alloys									
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02595	≤20	400/250	Plate & Bars	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02596	>20≤40	400/250	Plate & Bars	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02597	>40≤65	400/250	Plate & Bars	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 36	A 36	K02596	>65≤100	400/250	Plate & Bars	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A106	Grade B	K03006	—	415/240	Seamless Pipe	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 516	Grade 55	K01800	—	380/205	Plate	C-Mn-Si
1	1	ASTM	A 516	Grade 65	K02403	—	450/240	Plate	C-Mn-Si
1	1	API	5L	Grade X42	—	—	415/290	Pipe	C-Mn
1	2	ASTM	A 106	Grade C	K03501	—	485/275	Seamless Pipe	C-Mn-Si
1	2	ASTM	A 516	Grade 70	K02700	—	485/260	Plate	C-Mn-Si
1	1	API	5L	Grade X52	—	—	460/360	Pipe	C-Mn
1	2	API	5L	Grade X60	—	—	515/415	Pipe	C-Mn-Cb-V-Ti
1	4	API	5L	Grade X80	—	—	625/550	Pipe	C-Mn
3	1	ASTM	A 204	Grade A	K11820	—	450/255	Plate	C-0.5Mo
3	1	ASTM	A 369	Grade FP1	K11522	—	380/205	Pipe	C-0.5Mo
3	2	ASTM	A 204	Grade B	K12020	—	485/275	Plate	C-0.5Mo
3	2	ASTM	A 204	Grade C	K12320	—	515/295	Plate	C-0.5Mo
3	2	ASTM	A 387	Grade 2, Class 2	K12143	—	485/310	Plate	0.5Cr-0.5Mo
3	2	ASTM	A 871	Grade 60	—	—	515/415	Plate	C-Mn-Ni-Cu-Cr-V
3	2	ASTM	A 945	Grade 65	—	—	540/450	Plate	LowC-Mn
3	3	ASTM	A 533	Type A, Class 1	K12521	—	550/345	Plate	Mn-0.5Mo
3	3	ASTM	A 533	Type A, Class 2	K12521	—	620/485	Plate	Mn-0.5Mo
3	3	ASTM	A 533	Type B, Class 1	K12539	—	550/345	Plate	Mn-0.5Mo-0.5Ni
3	3	ASTM	A 533	Type B, Class 2	K12539	—	620/485	Plate	Mn-0.5Mo-0.5Ni

Annex III-B (Normative)
Base Metal Specifications & M-Number Tables

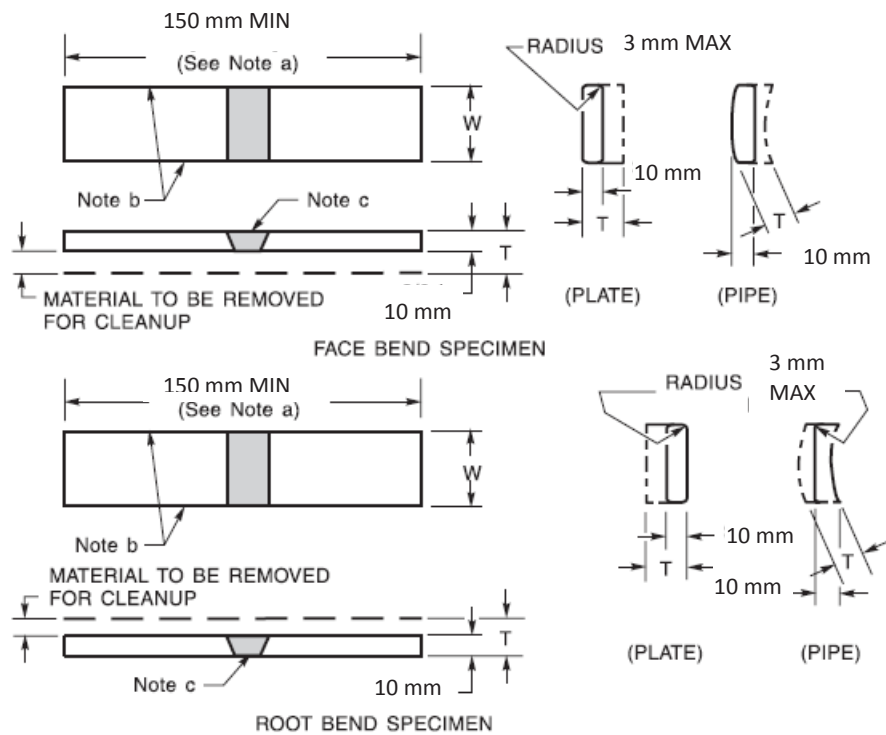
4	1	ASTM	A 202	Grade A	K11742	—	515/310	Plate	0.5Cr-1.25Mn-Si
4	1	ASTM	A 202	Grade B	K12542	—	585/325	Plate	0.5Cr-1.25Mn-Si
4	1	ASTM	A 335	Grade P11	K11597	—	415/205	Pipe	1.25Cr-0.5Mo-Si
4	1	ASTM	A 335	Grade P12	K11562	—	415/220	Pipe	1Cr-0.5Mo
4	2	ASTM	A 333	Grade 4	K11267	—	415/240	Pipe	0.75Cr-0.75Ni-Cu-Al
5A	1	ASTM	A 387	Grade 21, Class 1	K31545	—	415/205	Plate	3Cr-1Mo
5A	1	ASTM	A 387	Grade 21, Class 2	K31545	—	515/310	Plate	3Cr-1Mo
5B	1	ASTM	A 387	Grade 5, Class 1	K41545	—	415/205	Plate	5Cr-0.5Mo
5B	1	ASTM	A 387	Grade 5, Class 2	K41545	—	515/310	Plate	5Cr-0.5Mo
5B	2	ASTM	A 335	Grade P91	K91560	—	585/415	Seamless Pipe	9Cr-1Mo-V
5B	2	ASTM	A 387	Grade 91, Class 2	S50460	—	585/415	Plate	9Cr-1Mo-V
5C	1	ASTM	A 832	Grade 21V	K31830	—	585/415	Plate	3Cr-1Mo-0.25V
5C	3	ASTM	A 542	Type A, Class 3	K21590	—	655/515	Plate	2.25Cr-1Mo
5C	4	ASTM	A 542	Type A, Class 1	K21590	—	725/585	Plate	2.25Cr-1Mo
5C	5	ASTM	A 542	Type A, Class 2	K21590	—	795/690	Plate	2.25Cr-1Mo
6	1	ASTM	A 240	Type 410	S41000	—	450/205	Plate	13Cr
6	2	ASTM	A 240	Type 429	S42900	—	450/205	Plate	15Cr
6	4	ASTM	A 240	S41500	S41500	—	795/620	Plate	13Cr-4.5Ni-Mo
7	1	ASTM	A 240	Type 405	S40500	—	415/170	Plate	12Cr-1Al
7	1	ASTM	A 240	Type 409	S40900	—	380/170	Plate	11Cr-Ti
7	1	ASTM	A 240	Type 410S	S41008	—	415/205	Plate	13Cr
7	2	ASTM	A 240	Type 18-2	S44400	—	415/275	Plate	18Cr-2Mo
7	2	ASTM	A 240	Type 430	S43000	—	450/205	Plate	17Cr
8	1	ASTM	A 312	TP304	S30400	—	515/205	Seamless & Welded Pipe	18Cr-8Ni
8	1	ASTM	A 312	TP304L	S30403	—	485/170	Seamless & Welded Pipe	18Cr-8Ni
8	1	ASTM	A 312	TP316	S31600	—	515/205	Seamless & Welded Pipe	16Cr-12Ni-2Mo
8	1	ASTM	A 312	TP316L	S31603	—	485/170	Seamless & Welded Pipe	16Cr-12Ni-2Mo
8	2	ASTM	A 240	S30815	S30815	<3	600/310	Plate, Sheet & Strip	21Cr-11Ni-N
8	3	ASTM	A 312	TP-11	S21904	—	620/345	Seamless & Welded Pipe	21Cr-6Ni-9Mn
8	3	ASTM	A 312	TPXM-19	S20910	—	690/380	Seamless & Welded Pipe	22Cr-13Ni-5Mn
8	4	ASTM	A 312	S31254	S31254	—	650/305	Seamless & Welded Pipe	20Cr-18Ni-6Mo
8	4	ASTM	A 312	317LM	S31725	—	515/205	Seamless & Welded Pipe	19Cr-15Ni-4Mo

Annex III-B (Normative)
Base Metal Specifications & M-Number Tables

9A	1	ASTM	A 203	Grade A	K21703	—	450/255	Plate	2.5Ni
9A	1	ASTM	A 203	Grade B	K22103	—	485/275	Plate	2.5Ni
9A	1	ASTM	A 333	Grade 7	K21903	—	450/240	Pipe	2.5Ni
9A	1	ASTM	A 333	Grade 9	K22035	—	435/315	Pipe	2Ni-1Cu
9B	1	ASTM	A 203	Grade D	K31718	—	450/255	Plate	3.5Ni
9B	1	ASTM	A 203	Grade E	K32018	—	485/275	Plate	3.5Ni
9B	1	ASTM	A 333	Grade 3	K31918	—	450/240	Pipe	3.5Ni
10A	1	ASTM	A 225	Grade C	K12524	—	725/485	Plate	Mn-0.5Ni-V
10A	1	ASTM	A 225	Grade D	—	≤75	550/415	Plate	Mn-0.5Ni-V
10A	1	ASTM	A 225	Grade D	—	>75≤150	515/380	Plate	Mn-0.5Ni-V
10C	1	ASTM	A 612	—	K02900	≤13	570/345	Plate	C-Mn-Si
10C	1	ASTM	A 612	—	K02900	>13	560/345	Plate	C-Mn-Si
11A	1	ASTM	A 353	—	K81340	—	690/515	Plate	9Ni
11A	1	ASTM	A 420	Grade WPL8	K81340	—	690/515	Pipe	9Ni
11A	2	ASTM	A 645	—	K41583	—	655/450	Plate	0.5Ni-0.25Mo
11A	4	ASTM	A 533	Grade A, Class 3	K12521	—	690/570	Plate	Mn-0.5Mo
11A	4	ASTM	A 533	Grade B, Class 3	K12539	—	690/570	Plate	Mn-0.5Mo-0.5Ni
11A	5	ASTM	A 543	Type B, Class 1	K42339	—	725/585	Plate	3Ni-1.75Cr-0.5Mo
11A	5	ASTM	A 543	Type B, Class 3	K42339	—	620/485	Plate	3Ni-1.75Cr-0.5Mo
11B	1	ASTM	A 514	Grade A	K11856	≤65	760/690	Plate	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 514	Grade A	K11856	>65≤300	760/620	Plate	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 514	Grade A	K11856	≤65	795/690	Plate	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 514	Grade A	K11856	>65≤300	725/620	Plate	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 709	Grade 100, Type A	K11856	≤65	760/690	Plate & Shapes	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	1	ASTM	A 709	Grade 100W, Type A	K11856	≤55	760/690	Plate & Shapes	0.5Cr-0.25Mo-Si
11B	2	ASTM	A 514	Grade E	K21604	≤65	760/690	Plate	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 514	Grade E	K21604	>65≤300	760/620	Plate	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 517	Grade E	K21604	≤65	795/690	Plate	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 517	Grade E	K21604	>65≤300	725/620	Plate	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Grade 100, Type E	K21604	≤65	760/690	Plate & Shapes	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Grade 100, Type E	K21604	>65≤200	690/620	Plate & Shapes	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Grade 100W, Type E	K21604	≤65	760/690	Plate & Shapes	1.75Cr-0.5Mo-Cu
11B	2	ASTM	A 709	Grade 100W, Type E	K21604	>65≤200	690/620	Plate & Shapes	1.75Cr-0.5Mo-Cu

This page is intentionally blank.

Annex IV (Normative)
Transverse Face and Root Bend Specimen Preparation Requirements



TRANSVERSE BEND SPECIMEN	
Dimensions	
Test Weldment	Test Specimen Width, W
Plate	38 mm
Test pipe or tube ≤ 100 mm diameter DN	Note d
> 100 mm diameter DN	38 mm

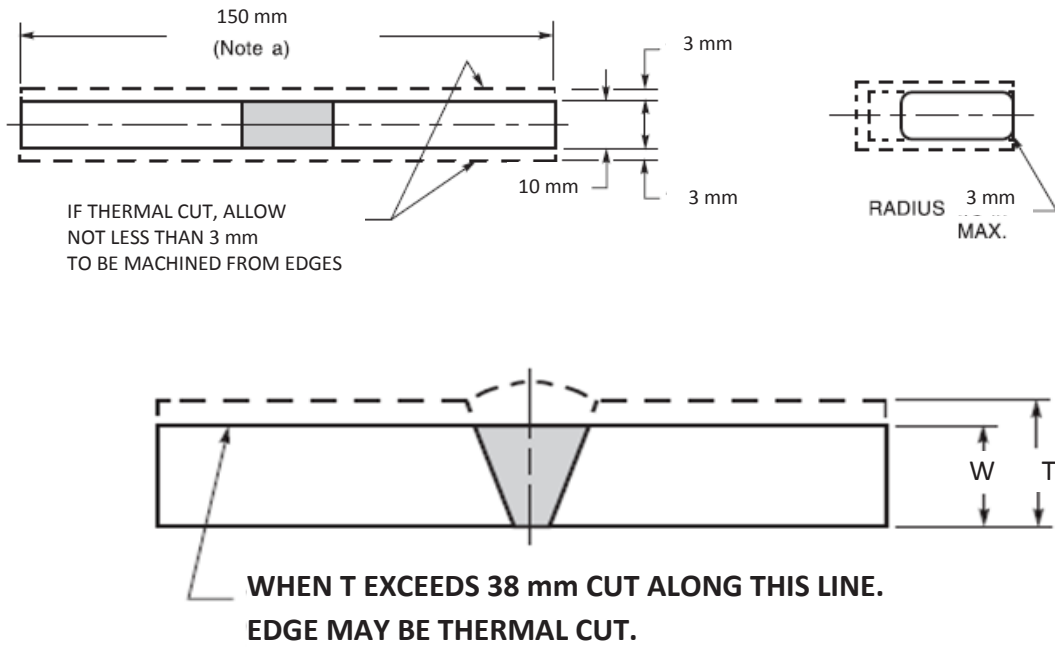
- (a) A longer specimen length may be necessary when using a wraparound type bending fixture or when testing steel with a yield strength of 620 MPa or more.
- (b) Except on M-1 materials, thermal cut edges shall be dressed by grinding.
- (c) The weld reinforcement and backing, if any, shall be removed flush with the surface of the specimen. If a recessed backing is used, this surface may be machined to a depth not exceeding the depth of the recess to remove the backing; in such a case, the thickness of the finished specimen shall be that specified above. Cut surfaces shall be smooth and parallel.
- (d) For pipe diameters of 50 mm through 100 mm DN, the width of the bend specimen shall not be less than 19 mm. For pipe diameters of 10 mm to 50 mm DN, the bend specimen width shall not be less than 10 mm with an alternative (permitted for pipe 25 mm DN and less) of cutting the pipe into quarter sections, in which case the weld reinforcement may be removed and no other preparation of the specimens is required.

Notes:

1. T = plate or pipe thickness.
2. When the thickness of the test plate is less than 10 mm, the nominal thickness shall be used for face and root bends.
3. The specimen grinding direction should be parallel to the direction of bending.

Transverse Face and Root Bend Specimens

Annex IV (Normative)
Side Bend Specimen Preparation Requirements



T	W
10 to 38 mm	T (mm)
> 38 mm	(Note b)

- (a) A longer specimen length may be necessary when using a wraparound-type bending fixture or when testing steel with a yield strength of 620 MPa or more.
- (b) For plates over 38 mm thick, the specimen shall be cut into approximately equal strips with W between 19 mm and 38 mm and each strip shall be tested.
- (c) T = nominal plate or pipe thickness.
- Note:
1. The specimen grinding direction should be parallel to the direction of bending.
 2. Except on M-1 materials, thermal cut edges shall be dressed by grinding.

Side Bend Specimens

Annex V (Informative)

Useful Formulas, Conversions, Abbreviations and Information

The purpose of this annex is to provide some direction to test takers regarding abbreviations, concepts, and terms used within this Book of Specifications solely for the purpose of taking an AWS examination. The scope of this Book of Specifications covers multiple industries which use different terms for the same concepts. This annex explains how these differences are addressed in this AWS exam.

Abbreviation	Description		
AI	accumulation of imperfections	OD	outside diameter
BT	burn-through	P	porosity
C	cracks	PJP	partial joint penetration
CJP	complete joint penetration	PQR	procedure qualification record
CP	cluster porosity	PT	penetrant testing
CSA	cross sectional area	PWHT	post weld heat treatment
CVN	Charpy V-notch testing	RT	radiographic testing
EU	undercut adjacent to the cover pass	TYP	typical
ET	electromagnetic testing	UNS	unified numbering system
ID	inside diameter	UT	ultrasonic testing
IF	incomplete fusion	UTS	ultimate tensile strength
INCL	inclusive	VT	visual testing
IP	inadequate penetration without high-low	W	width of bend specimen
IPD	inadequate penetration due to high-low	WPS	welding procedure specification
m	meter	WQTR	welder qualification test record
mmpm	millimeters per minute		
mpm	meters per minute		
IU	undercut adjacent to the root pass		
J	Joule		
J/mm	Joules per millimeter		
ℓ	liter		
LT	leak testing		
LPH	liters per hour		
MT	magnetic particle testing		
NDE	nondestructive examination		
NDT	nondestructive testing		
DN	diameter nominal		

Concept	Description
AWS C4.1-77	refers to both the written standard and physical gauge for comparative measurement of oxyfuel cut surfaces
Sample 1	first roughness sample on the AWS C4.1-77 gauge; roughest cut
Sample 2	second roughness sample on the AWS C4.1-77 gauge
Sample 3	third roughness sample on the AWS C4.1-77 gauge
Sample 4	fourth roughness sample on the AWS C4.1-77 gauge; smoothest cut

The International System of Units (SI) is used in many applications. Shown in the tables below are the conversion factors used to convert U. S. Customary units to SI units, and the metric (SI) prefixes for the multiplication factors of units.

Table 16 – SI Conversion Factors

Property	To Convert from SI Units	To U. S. Customary Units	Multiply by
Force	Newton (N)	pound-force (lbf)	0.2248
	Newton (N)	kip (1000 lbf)	0.0002248
Linear Dimension	millimeter (mm)	inch (in)	0.0394
Tensile Strength	Pascal (Pa)	pounds per square inch (psi)	0.000145
	kiloPascal (kPa)	pounds per square inch (psi)	0.145
	megaPascal (MPa)	pounds per square inch (psi)	145.14
Mass	kilogram (kg)	pound mass	2.205
Angle, plane	radian	degree	57.296
Flow Rate	liter per minute (l/min)	cubic feet per hour (cfh)	2.119
Heat Input	Joules per meter (J/m)	Joules per inch (J/in)	0.0254
Travel Speed, wire	millimeters per second (mm/s)	inches per minute (in/min)	2.364
Temperature	degrees Celsius (°C)	degrees Fahrenheit (°F)	use the formula: °F = (°C x 1.8) + 32

Table 17 – SI Prefixes

Exponential Expression	Multiplication Factor	Prefix	Symbol
10 ⁹	1 000 000 000	giga	G
10 ⁶	1 000 000	mega	M
10 ³	1 000	kilo	k
10 ⁻³	0.001	milli	m
10 ⁻⁶	0.000 001	micro	μ
10 ⁻⁹	0.000 000 001	nano	n

Cross Sectional Area (CSA) for rectangular tensile bars:

$$CSA = w \times t$$

Where w = width and t = thickness

Cross Sectional Area (CSA) for round tensile bars:

$$CSA = \pi d^2/4$$

Where π = mathematical constant 3.1416 and
d = original diameter of the bar

Ultimate Tensile Strength (UTS) [Pa]:

$$UTS \text{ (in MPa)} = \text{Maximum Force (in kN)} / \text{original cross sectional area (in mm}^2\text{)} \times 1000$$

Formula to convert pascals (Pa) to Megapascal (MPa) and vice versa:

$$Pa = MPa \times 1,000,000$$

$$MPa = Pa / 1,000,000$$

This page is intentionally blank.

Annex VI (Informative) Pipe Schedules

Pipe Size (mm)	Outside Diameter OD (mm)	Identification			Nominal Wall Thickness - T - (mm)	Minimum Wall Thickness (mm) -12.5%	Inside Diameter - ID - (mm)
		Steel		Stainless Steel Schedule No.			
		Iron Pipe Size	Schedule No.				
65	73.0	-	-	5S	2.11	1.85	68.78
		-	-	10S	3.05	2.67	66.90
		STD	40	40S	5.16	4.52	62068
		XS	80	80S	7.01	6.13	58.98
		-	160	-	9.53	8.34	53.94
		XXS	-	-	14.02	12.27	44.96
80	88.9	-	-	5S	2.11	1.85	84.68
		-	-	10S	3.05	2.67	82.80
		STD	40	40S	5.49	4.80	77.92
		XS	80	80S	7.62	6.67	73.66
		-	160	-	11.13	9.74	66.64
		XXS	-	-	15.24	13.34	58.42
90	101.6	-	-	5S	2.11	1.85	97.38
		-	-	10S	3.05	2.67	95.50
		STD	40	40S	5.74	5.02	90.12
		XS	80	80S	8.08	7.07	85.44
100	114.3	-	-	5S	2.11	1.85	110.08
		-	-	10S	3.05	2.67	108.20
		STD	40	40S	6.02	5.27	102.26
		XS	80	80S	8.56	7.49	97.18
		-	120	-	11.13	9.74	92.04
		-	160	-	13.49	11.80	87.32
125	141.3	XXS	-	-	17.12	14.98	80.06
		-	-	5S	2.77	2.42	135.76
		-	-	10S	3.40	2.98	134.50
		STD	40	40S	6.55	5.73	128.20
		XS	80	80S	9.53	8.34	122.24
		-	120	-	12.70	11.11	115.90
150	168.3	-	160	-	15.88	13.90	109.54
		XXS	-	-	19.05	16.67	103.20
		-	-	5S	2.77	2.42	162.76
		-	-	10S	3.40	2.98	161.50
		STD	40	40S	7.11	6.22	154.08
		XS	80	80S	10.97	9.60	146.36
200	219.1	-	120	-	14.27	12.49	139.76
		-	160	-	18.26	15.98	131.78
		XXS	-	-	21.95	19.21	124.40
		-	-	5S	2.77	2.42	213.56
		-	-	10S	3.76	3.29	211.58
		-	20	-	6.35	5.56	206.40
200	219.1	-	30	-	7.04	6.16	205.02
		STD	40	40S	8.18	7.16	202.74
		-	60	-	10.31	9.02	198.48
		XS	80	80S	12.70	11.11	193.70
		-	100	-	15.09	13.20	188.92
		-	120	-	18.26	15.98	182.58
		-	140	-	20.62	18.04	177.86
		XXS	-	-	22.23	19.45	174.64

Annex VII (Informative)

Welding Procedure Specification (WPS)

WPS Number [1]	Date [2]	Revision [3]	Page 1 of 2
SUPPORTING PQR (s) ID.			
[4]			
SCOPE			
[5]			
WELDING PROCESS(ES) & TYPE			
Process(es): [6]			
JOINT DESIGN			
Joint Design:		[7]	
Root Spacing:		[8]	
Backing Material:		[9]	
Treatment of backside, method of gouging/preparation:		[10]	
Maximum Mismatch:		[11]	
Typical Joint Details:		[12]	
[13]			
BASE METALS			
M-No. [14]	Group No. [15]	To M-No. [16]	Group No. [17]
Thickness Range Qualified: [18]			
Diameter (Tubular Only): [19]			
Coating Description or Type: [20]			
FILLER METALS			
Process:		[21]	
AWS Specification No.:		[22]	
AWS No. (Classification):		[23]	
F-No.		[24]	
Weld Metal Analysis A-No.:		[25]	
Weld Metal Deposit Thickness:		[26]	
Filler Metal Size:		[27]	
Flux-Electrode Classification:		[28]	
Supplemental Filler Metal:		[29]	
Consumable Insert & Type:		[30]	
Consumable Insert:		[31]	
Supplemental Deoxidant:		[32]	
Energized Filler Metal "Hot"		[33]	

WPS Number	[1]	Date	[2]	Revision	[3]	Page 2 of 2
POSITION						
Welding Positions:	[34]					
Progression for Vertical Welding:	[35]					
PREHEAT AND INTERPASS						
Preheat Minimum:	[36]					
Interpass Temperature Maximum:	[37]					
Preheat Maintenance:	[38]					
HEAT TREATMENT						
PWHT Type:	[39]					
PWHT Temperature:	[40]					
PWHT Holding Time:	[41]					
Heating and Cooling Rate:	[42]					
SHIELDING GAS						
	Type and % Composition (if applicable)	Flow Rate Range				
Torch Shielding Gas:	[43]	[48]				
Root Shielding Gas:	[44]	[49]				
Environmental Shielding:	[45]					
Vacuum Pressure:	[46]					
Gas Cup Size:	[47]					
ELECTRICAL						
Process:	[50]					
Filler Metal Diameter:	[51]					
Current Type and Polarity:	[52]					
Amperage Range:	[53]					
Transfer Mode:	[54]					
Wire Feed Speed (m/min)	[55]					
Voltage Range:	[56]					
Tungsten Specification No.:	[57]					
Tungsten Classification:	[58]					
Tungsten Electrode Diameter:	[59]					
Maximum Heat Input (kJ/mm):	[60]					
Pulsed Current:	[61]					
VARIABLES						
Single to Multiple Electrodes:	[62]					
Electrode Spacing (mm):	[63]					
Single or Multipass:	[64]					
Contact Tube to Work Distance (mm):	[65]					
Cleaning:	[66]					
Peening:	[67]					
Conventional or Keyhole Technique:	[68]					
Stringer or Weave Bead:	[69]					
Travel-Speed Range (mm/min):	[70]					

This page is intentionally blank.

Annex VIII (Informative)

Procedure Qualification Record (PQR)

WELDING PROCESS & Type Process 1: [1] Process 2: [2]				JOINTS Weld Type: [31] Groove Type: [32] Root Spacing: [33] Metal Backing: [34] Thermal Backgouging: [35]			
BASE METALS Base Material Spec.: [3] to [4] M-No.: [5] Group No.: [6] to M-No.: [7] Group No.: [8] Plate or Pipe: [9] Pipe Diameter: [10] Thickness: [11] Coating: [12]				[36]			
FILLER METALS Specification No.: [13] AWS No. Classification: [14] F-No.: [15] Weld Metal Analysis A-No.: [16] Filler Metal Size: [17] Supplemental Filler: [18] Weld Metal Deposit Thickness: [19]				Sketch of Joint			
POSITION Position of Joint: [20] Vertical Welding Progression: [21]				POSTWELD HEAT TREATMENT PWHT Type: [22] PWHT Temperature: [23] PWHT Time: [24]			
PREHEAT Min. Preheat Temperature: [25] Max. Interpass Temperature: [26]				GAS Shielding Gas: [27] Composition: [28] Flow: [29] Gas Cup Size: [30]			
ELECTRICAL Current & Polarity: [31] Amperage Range: [32] Pulsed Current: [33] Wire Feed Speed (m/min): [34] Voltage Range: [35] Travel Speed (mm/min): [36] Transfer Mode: [37] Maximum Heat Input (kJ/mm): [38] Tungsten Type: [39] Tungsten Diameter: [40]				TECHNIQUE Stringer or Weave: [41] Method of Cleaning: [42] Oscillation: [43] Contact Tube to Work Distance: [44] Multipass or Single pass per side: [45] Number of Electrodes: [46] Electrode Spacing: [47] Peening: [48]			

VISUAL EXAMINATION: [52]

TENSILE TESTS

Specimen No.	Width mm	Thickness mm	Area mm ²	Ultimate Total Load (kN)	Ultimate Unit Stress (MPa)	Type of Failure & Location
[53]	[54]	[55]	[56]	[57]	[58]	[59]

GUIDED-BEND TESTS

Type	Results	Type	Results
[60]	[61]	[62]	[63]

Welder's Name [64] Stamp or Clock No. [65]

We certify that the statements in this record are correct and that the test welds were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of the Part B Practical CWI Exam Requirements. It is intended to be used for the CWI Part B Exam only and is not intended to be used for actual production welding or any other use without the written consent of AWS.

This page is intentionally blank.

Annex IX (Informative)

Welder Qualification Test Record (WQTR)

Welder's Name _____	[1]	ID No. _____	[2]	Symbol _____	[3]
Identification of WPS followed: _____					
Specification of base metal(s) welded: _____		Thickness: _____			
Testing Variables and Qualification Limits					
Welding Variables		Actual Values		Range Qualified	
Welding Process(es)					
Type (i.e.; manual, semi-automatic)					
Backing (metal, weld metal) Process 1:					
Process 2:					
☐ Plate ☐ Pipe (enter diameter if pipe or tube)					
Base Metal M-Number to M-Number					
AWS Filler metal or Electrode Specification(s)					
Filler metal or electrode classification(s)					
Filler metal F-Numbers Process 1:					
Process 2:					
Consumable Insert for GTAW					
Weld deposit thickness for each welding process:					
Process 1:					
Process 2:					
Position Qualified (2G, 6G, etc.)					
Vertical progression (Uphill or Downhill)					
Inert gas backing for GTAW or GMAW					
Transfer Mode (spray/globular or pulse to short circuit-GMAW)					
GTAW welding current type/polarity (AC, DCEP, DCEN)					
Results					
Visual Examination of Completed Weld : _____					
Guided Bend Test Type: ☐ Transverse Side ☐ Transverse Root & Face					
Specimen No.	Results	Specimen No.	Results		
[48]	[49]	[50]	[51]		
Alternative radiographic examination results _____					
Fillet Weld – fracture test _____		Length and percent of defects _____		mm	
Macro Examination _____	Fillet size (mm) _____	x _____	Concavity/convexity (mm) _____		
Other tests _____					
Film or specimens evaluated by _____		Company _____			
Mechanical tests conducted by _____		Laboratory test no. _____			
Welding supervised by _____					
We certify that the statements in this record are correct and that the test coupons were prepared, welded, and tested in accordance with the requirements of CWI Part B Practical Book of Specifications. It is to be used for the CWI Part B Practical Exam only and is not intended to be used for actual production welding or any other use without the written consent of AWS.					
Organization _____					
By _____ Date _____					

This page is intentionally blank.

Annex X (Informative)

Industry-Specific Non-Standard Terms and Definitions

arc burn. Preferred term for 'arc strike' in pipeline applications.

backstep sequence. A longitudinal sequence in which weld passes are made in the direction opposite to the progress of welding.

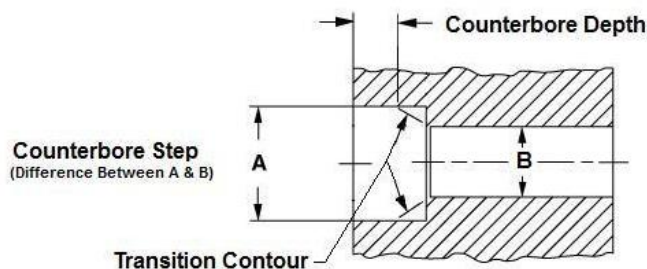
back weld repair. For pipeline applications, a repair weld made at the back side of a groove weld.

Company. For the purpose of this examination, the Company is the fictitious entity responsible for legal ownership and public safety of weldments fabricated in accordance with this specification.

counterbore. A machined feature on out-of-round pipe inside diameters to make sure inside diameters are in proper alignment for welding. See also **counterbore depth**.

counterbore step. The transition area between the machined counterbore and the unmachined pipe inside diameter. See also **counterbore** and **counterbore depth**.

counterbore depth. The distance a counterbore extends axially into a pipe. See also **counterbore** and **counterbore step**.



Counterbore

crown surface. Alternate term for Weld Face in the pipeline applications.

double repair. For Pipeline applications, second repair in a previously repaired area of a completed weld; typically referred to as a "repair of a repair" or a "re-repair."

high-low. Preferred term for 'internal misalignment' in pipeline applications.

imperfection. A departure of a quality characteristic from its intended condition.

indication. The response or evidence from the application of a nondestructive examination.

internal misalignment. Misalignment of joint members such as the inside diameter of misaligned pipes or pipes with different inside diameters. *(Also called weld joint mismatch and high-low offset.)*

nominal size. A size "in name only" used for identification purposes. The nominal size may not correspond to an actual measured size, but would represent a range of sizes falling within standardized tolerances.

parent metal surface. Preferred term for 'base metal' in pipeline applications.

primary member. A structural element which transmits the primary tensile stress and whose sole failure would be catastrophic.

repair. For Pipeline applications, any grinding or welding on a completed weld to correct an individual defect or accumulation of defects in the weld that has been rejected by visual or nondestructive testing.

rework. For Pipeline applications, during welding or after the weld has been completed, the removal of an imperfection that requires grinding and/or welding that is performed prior to visual or nondestructive testing of a completed weld. Note: rework is not a repair.

temper bead. A weld bead placed at a specific location in or at the surface of a weld for the purpose of affecting the metallurgical properties of the heat-affected zone or previously deposited weld metal.

weld crown. Alternate term in pipeline applications for weld reinforcement.

This page is intentionally blank.

