بسم الله الرحمن الرحيم

سازمان نظام مهندسی ساختمان

استان آذربایجانشرقی

نکات اجرایی سازه های فولادی(۲)
و
روش های تولید صنعتی

تهیه وتنظیم :

محمدحسین متین پور

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاداسلامی تبریز

سرفصل مطالب

- نحوه ساخت ستون فولادی در کارخانه و نحوه نصب آن در کارگاه
- ضوابط لرزه ای و نحوه اجرای آنها در ستونهای فولادی با اشکال مختلف
- نحوه ساخت تیرهای فولادی در کارخانه و نحوه نصب آن در کارگاه
- ضوابط لرزه ای و نحوه اجرای آنها در تیرهای فولادی
- نحوه ساخت مهاربندهای فولادی در کارخانه و نحوه نصب آن در کارگاه
- ضوابط لرزه ای و نحوه اجرای آنها در مهاربندهای فولادی
- ضوابط ساخت و نصب دیوار برشی فولادی
- ضوابط اجرایی دیوار برشی بتنی در ساختمانهای فولادی و نحوه اتصال آن به اجزای فولادی
- نحوه کنترل انواع رواداری در سازه های فولادی تولیدی به روش صنعتی

مراجع:

- مبحث دهم مقررات ملی ساختمان، طرح واجرای ساختمانهای فولادی،۱۳۹۲
- مبحث یازدهم مقررات ملی ساختمان، طرح واجرای صنعتی ساختمانها،۱۳۹۲
- آیین نامه جوشکاری ساختمانی ایران،نشریه ۲۲۸، ۱۳۸۴

- ***AWS D1.1 -2015***
- ***Structural Welding Code-Steel***
- ***AWS D1.8 -2009***
- ***Structural Welding Code- Seismic Supplement***
- ***AISC-360-2016***
- ***Specification for Structural Steel Buildings***
- ***AISC-341-2016***
- ***Seismic Provisions for Structural Steel Buildings***
- ***AISC-303-2016***
- ***Code of Standard Practice for Steel Buildings and Bridges***

- ***AISC- 358-2016***
- **Prequalified Connections for Special and Intermediate Steel Moment Frames for Seismic Applications**
- ***AISC*- STEEL CONSTRUCTION MANUAL-2011**
- ***AISC- Design Guide-1- 2006***
- ***Base Plate and Anchor Rod Design***
- ***AISC- Design Guide-21- 2006***
- ***Welded Connections-A Primer for Engineers***
- ***AISC- Design Guide-29- 2014***
- ***Vertical Bracing Connections—Analysis and Design***
- ***RCSC-2014***
- ***Specification for Structural Joints Using High-Strength Bolts***

۱۱-۱-۱-۳-۳ ساختمان‌های فولادی پیش‌ساخته: ساختمان‌های فولادی که قطعات آن به طور کامل در کارگاه ساخت، مونتاژ و جوشکاری می‌شوند و اتصال آنها برای نصب در پای کار انجام می‌پذیرد.

۱۱-۱-۱-۳-۴ ساختمان‌های فولادی نیمه پیش‌ساخته: ساختمان‌های فولادی که برخی از قطعات آن در کارگاه ساخت، مونتاژ و جوشکاری می‌شوند و بقیه قطعات در پای کار ساخته شده و نصب می‌شوند.

۱۱-۱-۱-۳-۵ ساختمان‌های فولادی درجا: ساختمان‌های فولادی که کلیه قطعات آن در پای کار برشکاری، مونتاژ و جوشکاری شده و به وسیله اتصالات جوشی نصب می‌شوند.

۱۱-۱-۱-۳-۶ کارگاه ساخت: محلی مناسب که دارای امکانات و تجهیزات کافی برای عملیاتی مانند برشکاری، سوراخکاری، جوشکاری، خمکاری با نیروی انسانی ماهر باشد به نحوی که ساخت قطعات تحت نظر گروه کنترل کیفیت به صورت مطلوب انجام پذیرد.

۱۱-۱-۱-۳-۷ گروه کنترل کیفیت: مجموعه‌ای از افراد واجد شرایط با تخصص و تجربه کافی در کاربرد استانداردهای ویژگی هندسی، مکانیکی و شیمیایی مصالح فولادی، جوش، روش‌های جوشکاری، عملیات ساخت و عملیات نصب که مجهز به وسایل لازم برای اندازه‌گیری ویژگی‌های مورد نظر باشند.

۱۱-۱-۱-۳-۸ مراحل کنترل کیفیت: مراحلی از کار است که در پایان هر مرحله از آن برای ورود به مرحله بعدی تأییدیه مرحله قبل توسط اشخاص یا مؤسسات مسئول کنترل کیفیت ضروری است. این مراحل شامل مراحلی مانند تهیه مواد، برش، مونتاژ، جوش، تمیزکاری، رنگ و نصب و غیره می‌باشد. کم یا زیاد کردن تعداد این مراحل بنا به نظر دستگاههای فوق‌الذکر مقدور است.

۱۱-۱-۱-۳-۹ ناظر: شخص حقیقی یا حقوقی است که کلیه عملیات اجرایی مطابق نقشه‌ها و مشخصات فنی مصوب، تحت نظر آنها انجام می‌پذیرد. راهنمایی‌ها و دستور کارهای ناظر مکمل نقشه‌ها و مدارک فنی است. ناظر باید ارتباط کافی و مستمر با محاسب و تهیه‌کنندگان مدارک فنی پروژه داشته باشد.

۱۱-۱-۱-۳-۱۰ نیروی انسانی ماهر: اعضای گروه ساخت و نصب که هر یک به تناسب وظیفه محوله باید دارای تخصص، تجربه و توان کافی بنا به تأیید مراجع ذیصلاح باشند.

۱۱-۱-۱-۳-۱۱ نقشه‌های محاسباتی: نقشه‌هایی هستند که در آنها مشخصات کلیه پروفیل‌ها و مقاطع سازه از قبیل ابعاد کلی مقطع، فاصله محور تا محور ستون‌ها و تراز روی تیرها و سایر ابعاد کلی سازه و اجزای آن قید شده باشد به نحوی که با استناد به آنها بتوان نقشه‌های کارگاهی را تهیه نمود. این نقشه‌ها همچنین حاوی اطلاعات کلی درمورد اتصالات جوشی و پیچ و مهره‌ای و سایر اطلاعات ضروری مهندسی می‌باشد.

۱۱-۱-۱-۳-۱۲ نقشه‌های کارگاهی: نقشه‌هایی است که بر اساس نقشه‌های محاسباتی برای سهولت اجرا تهیه می‌گردد. این نقشه‌ها دارای جزئیات مفصل‌تری نسبت به نقشه‌های محاسباتی می‌باشند. در این نقشه‌ها برای هر عضو یک شماره تعیین می‌گردد و جزئیات دقیق تری برای این عضو با ذکر کلیه ابعاد هندسی آن با مقیاس مناسب ترسیم می‌گردد. همچنین کلیه اتصالات با ذکر مواردی مانند ابعاد، طول، نوع جوش، تعداد، اندازه، طول پیچ و مهره به طور کامل ترسیم می‌گردد. این نقشه‌ها معمولاً توسط سازنده اسکلت فولادی متناسب با امکانات و تجهیزات لازم تهیه می‌شود و فهرستی از مشخصات و مقادیر کلیه قطعات ضمیمه آنها خواهد بود.

۱۱-۱-۱-۳-۱۳ نقشه‌های نصب: نقشه‌هایی است که توسط سازنده اسکلت فولادی تهیه و برای نصب اعضا در موقعیت خود و در پای کار استفاده می‌شود. این نقشه‌ها اطلاعات کافی در مورد نصب هر قطعه و موقعیت آن نسبت به قطعات دیگر را مشخص می‌نماید.

- ***3.1. Structural Design Drawings and Specifications***
- *The structural design drawings shall clearly show the work that is to be performed and shall give the following information with sufficient dimensions to accurately convey the quantity and nature of the structural steel to be fabricated:*
- *(a) The size, section, material grade and location of all members;*
- *(b) All geometry and working points necessary for layout;*
- *(c) Floor elevations;*
- *(d) Column centers and offsets;*
- *(e) The camber requirements for members;*
- *(f) Joining requirements between elements of built-up members;*
- *(g) The information that is required in Sections 3.1.1 through 3.1.6.*
- The *structural steel specifications shall include any special requirements for the* fabrication and erection of the *structural steel.*

- *3.1.1. Permanent bracing, column stiffeners, column web doubler plates, bearing stiffeners in beams and girders, web reinforcement, openings for other trades and other special details, where required, shall be shown in sufficient detail in the structural design drawings so that the quantity, detailing and fabrication requirements for these items can be readily understood.*
- *3.1.2. The owner's designated representative for design shall indicate one of the following options for each connection:*
- ***(1) The complete connection design shall be shown in the structural design drawings;***
- *When option (1) above is specified,* the following Information shall be considered:
- *(a) All weld types, sizes, and lengths;*
- *(b) All bolt sizes, locations, quantities, and grades;*
- *(c) All plate and angle sizes, thicknesses and dimensions; and,*
- *(d) All work point locations and related information.*

- ***(2) In the structural design drawings or specifications, the connection shall be designated to be selected or completed by an experienced steel detailer;***
- *When option (2) above is specified, the experienced steel detailer shall utilize tables or schematic information provided in the structural design drawings in the selection or completion of the connections. When such information is not provided, tables in the AISC Steel Construction Manual, or other reference information as approved by the owner's designated representative for design, shall be used.*
- ***(3) In the structural design drawings or specifications, the connection shall be designated to be designed by a licensed professional engineer working for the fabricator.***
- *When option (3) above is specified:*
- *(a) The fabricator shall submit in a timely manner representative samples of the required substantiating connection information to the owner's designated representatives for design and construction.*

- *The owner's designated representative for design shall confirm in writing in a timely manner that these representative samples are consistent with the requirements in the contract documents, or shall advise what modifications are required to bring the representative samples into compliance with the requirements in the contract documents. This initial submittal and review is in addition to the requirements in Section 4.4.*
- *(b) The licensed professional engineer in responsible charge of the connection design shall review and confirm in writing as part of the substantiating connection information, that the shop and erection drawings properly incorporate the connection designs. However, this review by the licensed professional engineer in responsible charge of the connection design does not replace the approval process of the shop and erection drawings by the owner's designated representative for design in Section 4.4.*
- *(c) The fabricator shall provide a means by which the substantiating connection information is referenced to the related connections on the shop and erection drawings for the purpose of review.*

- *When option (2) or (3) above is specified, the owner's designated representative for design shall provide the following information in the structural design drawings and specifications:*
- *(a) Any restrictions on the types of connections that are permitted;*
- *(b) Data concerning the loads, including shears, moments, axial forces and transfer forces, that are to be resisted by the individual members and their connections, sufficient to allow the selection, completion, or design of the connection details while preparing the shop and erection drawings;*
- *(c) Whether the data required in (b) is given at the service-load level or the factored-load level;*
- *(d) Whether LRFD or ASD is to be used in the selection, completion, or design of connection details; and,*
- *(e) What substantiating connection information, if any, is to be provided with the shop and erection drawings to the owner's designated representative for design.*

- *3.1.3. When **leveling plates are to be furnished** as part of the contract requirements, their locations and required thickness and sizes shall be specified in the contract documents.*
- *3.1.4. When the structural steel frame, in the completely erected and fully connected state, **requires interaction with non-structural steel elements** (see Section 2) for strength and/or stability, those non-structural steel elements shall be identified in the contract documents as required in Section 7.10.*
- *3.1.5. When **camber is required,** the magnitude, direction and location of camber shall be specified in the structural design drawings.*

- *3.1.6.* ***specific members or portions thereof that are to be left unpainted*** *shall be identified in the contract documents.* ***When shop painting is required,*** *the painting requirements shall be specified in the contract documents, including the following information:*
- *(a) The identification of specific members or portions thereof to be painted;*
- *(b) The surface preparation that is required for these members;*
- *(c) The paint specifications and manufacturer's product identification that are required for these members; and,*
- *(d) The minimum dry-film shop-coat thickness that is required for these members.*

- **3.3. Discrepancies**
- *When discrepancies exist* ***between the design drawings and specifications, the design drawings shall govern.***
- *When discrepancies exist between* ***scale dimensions in the design drawings and the figures written in them, the figures shall govern.***
- *When discrepancies exist between the structural design drawings and the architectural, electrical or mechanical design drawings or design drawings for other trades,* ***the structural design drawings shall govern.***
- *When a discrepancy is discovered in the contract documents in the course of the fabricator's work,* ***the fabricator shall promptly notify the owner's designated representative for construction so that the discrepancy can be resolved by the owner's designated representative for design.*** *Such resolution shall be timely so as not to delay the fabricator's work. See Sections 3.5 and 9.3.*

- **SECTION 4. SHOP AND ERECTION DRAWINGS**
- **4.1. Owner Responsibility**
- *The owner shall furnish, in a timely manner and in accordance with the contract documents, complete structural design drawings and specifications that have been released for construction. Unless otherwise noted, design drawings that are provided as part of a contract bid package shall constitute authorization by the owner that the design drawings are released for construction.*
- **4.2. Fabricator Responsibility**
- *Except as provided in Section 4.5,* ***the fabricator shall produce shop and erection drawings for the fabrication and erection of the structural steel and is responsible for the following:***
- ***(a) The transfer of information from the contract documents into accurate and complete shop and erection drawings; and,***
- ***(b) The development of accurate, detailed dimensional information to provide for the fit-up of parts in the field.***

- *Each **shop and erection** drawing **shall be identified by the same drawing number** throughout the duration of the project and shall be **identified by revision number and date**, with each specific revision clearly identified.*
- *When the **fabricator submits a request to change connection details that are described in the contract documents**, the fabricator shall notify the owner's designated representatives for design and construction in writing in advance of the submission of the shop and erection drawings. **The owner's designated representative for design shall review and approve or reject the request in a timely manner**.*
- *When **requested to do so by the owner's designated** representative for design, the fabricator shall provide to the owner's designated representatives for design and construction its **schedule for the submittal of shop and erection drawings** so as to facilitate the timely flow of information between all parties.*

- **4.4. Approval**
- *Except as provided in Section 4.5,* ***the shop and erection drawings shall be submitted to the owner's designated representatives for design and construction for review and approval.*** *The shop and erection drawings shall be returned to the fabricator within 14 calendar days.*
- ***Final substantiating connection information****, if any, shall also be submitted with the shop and erection drawings. The owner's designated representative for design is the final authority in the event of a disagreement between parties regarding connection design.*
- *Approved shop and erection drawings shall be individually annotated by the owner's designated representatives for design and construction as either approved or approved subject to corrections noted.* ***When so required, the fabricator shall subsequently make the corrections noted and furnish corrected shop and erection drawings to the owner's designated representatives for design and construction.***

- *4.4.1. Approval of the shop and erection drawings, approval subject to corrections noted and similar approvals shall constitute the following:*
- *(a) Confirmation that the fabricator has correctly interpreted the contract documents in the preparation of those submittals;*
- *(b) Confirmation that the owner's designated representative for design has reviewed and approved the connection details shown on the shop and erection drawings and submitted in accordance with Section 3.1.2, if applicable; and,*
- *(c) Release by the owner's designated representatives for design and construction for the fabricator to begin fabrication using the approved submittals.*
- ***Such approval shall not relieve the fabricator of the responsibility for either the accuracy of the detailed dimensions in the shop and erection drawings*** *or the general fit-up of parts that are to be assembled in the field.*
- *The fabricator shall determine the fabrication schedule that is necessary to meet the requirements of the contract.*

۱۰-۴-۱ مقدمه

این فصل به روش‌های تهیه مصالح، برشکاری، مونتاژ، جوشکاری، حمل، پیش‌نصب، برپاداشتن، نصب، کارهای تکمیلی جوشکاری و محکم کردن پیچ‌ها اختصاص دارد.

۱۰-۴-۲ دامنهٔ کاربرد

براساس مفاد این فصل و طبق نقشه‌ها و مدارک فنی، سازندهٔ اسکلت موظف به‌انجام موارد زیر می‌باشد.

- تهیه مصالح*، تجهیزات و نیروی انسانی لازم
- تهیه نقشه‌های اجرایی در هماهنگی با نقشه‌ها و مدارک فنی، تجهیزات و امکانات اجرایی
- برشکاری، سوراخکاری و مونتاژ قطعات
- جوشکاری قطعات مونتاژ شده
- تمیزکاری و رنگ‌آمیزی قطعات
- حمل قطعات ساخته شده به‌محل نصب
- ایجاد امکانات لازم برای انبار کردن قطعات فولادی
- پیش‌نصب قسمت‌های کار در محل کارگاه ساخت در صورت نیاز
- برپاداشتن و تکمیل جوشکاری و یا محکم کردن پیچ‌ها، مونتاژ قطعات طبق نقشه‌ها در محل کار و کارهای تکمیلی

۱۰-۴-۳ مشخصات فولاد مصرفی

کلیهٔ فولادهای مصرفی اعم از ورق، تیرآهن، ناودانی، نبشی، تسمه و غیره باید از انواع مذکور در فصل‌های ۱۰-۱ تا ۱۰-۳ باشد.

قطعات فولادی باید از معایبی که به مقاومت و یا شکل ظاهری آن لطمه می‌زند عاری باشند. به‌کار بردن فولادهای مصرف‌شده باید با اجازهٔ ناظر و بعد از انجام آزمایش‌های لازم باشد.

قطعات فولادی اعم از اجزای قاب، ستون‌ها و شاه‌تیرها باید حتی‌الامکان یکپارچه بوده و از وصله‌کردن قطعات کوتاه خودداری گردد، مگر آنکه محل وصله در نقشه‌های اجرایی مشخص شده باشد یا موافقت مهندس طراح برای اتصال مورد نظر جلب گردد.

هرگاه ناظر از مشخصات فولادهای واردشده به‌کارخانه اطمینان نداشته باشد می‌تواند از هر ۱۰ تن نیمرخ فولادی مشابه به‌تعداد ۳ نمونهٔ اتفاقی انتخاب و انجام آزمایش‌های زیر را مطابق استانداردهای ملّی و یا ISO در مورد آنها تقاضا نماید.

- آزمایش مقاومت کششی با اندازه‌گیری تغییرشکل نسبی
- آزمایش شارپی روی نمونهٔ زخم‌دار.
- آزمایش خمش سرد
- آزمایش متالوگرافی و تعیین ترکیب شیمیایی

۱۱-۱-۲-۱ مقاطع فولادی گرم نورد شده

۱۱-۱-۲-۱-۱ ویژگی‌های شیمیایی و مکانیکی و روش آزمایش آنها برای فراورده‌های فولادی گرم نوردشده باید مطابق استاندارد ملّی ایران باشد.

۱۱-۱-۲-۱-۲ ابعاد و رواداری‌های ابعادی برای تیرآهن با بال نیم پهن، بال باریک، نبشی و ورق باید طبق استانداردهای ملّی کشور باشد. در مورد سایر مقاطع تا زمان تهیه استاندارد ملّی، به استانداردهای معتبر مرتبط بین‌المللی مراجعه شود.

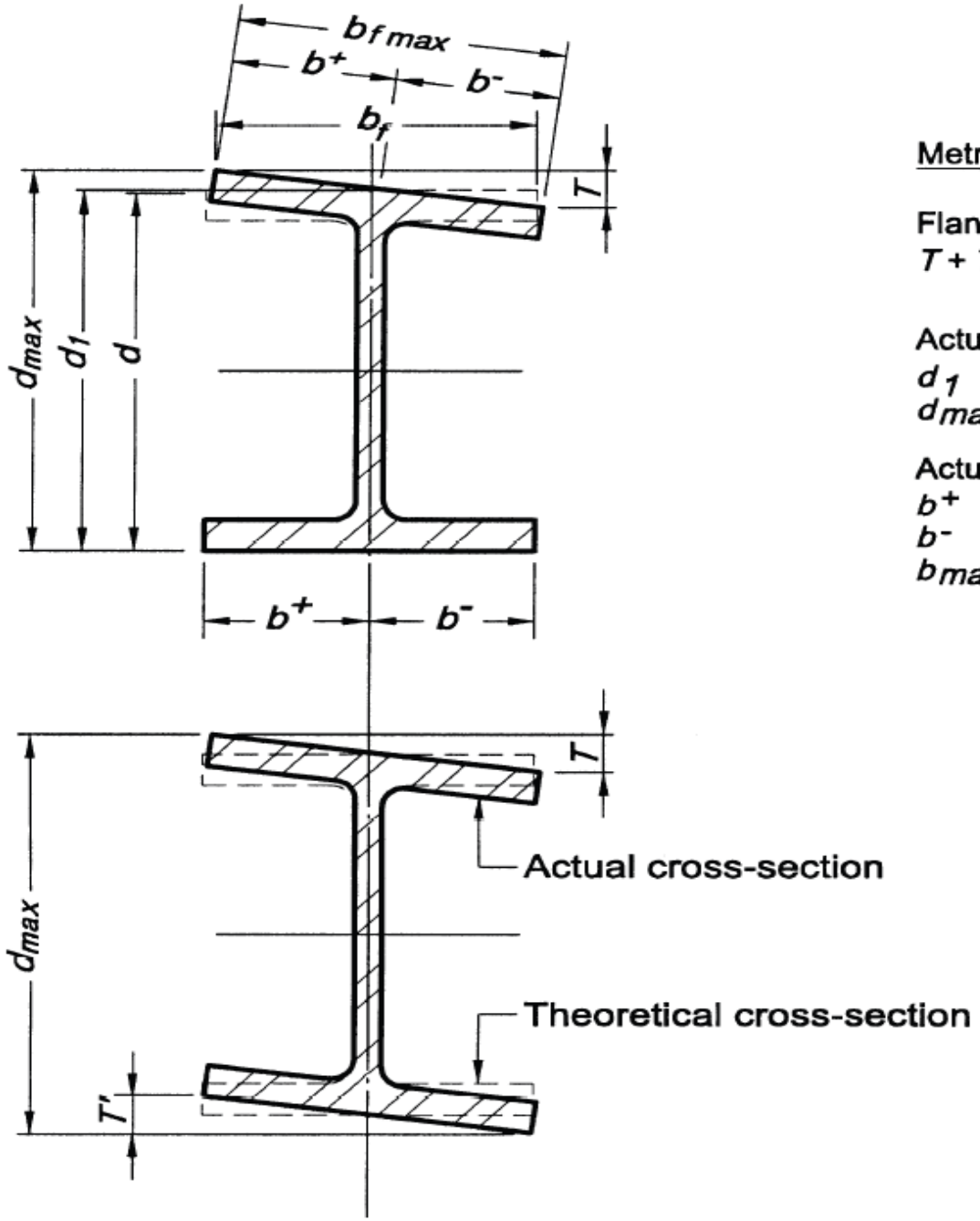
۱۱-۱-۲-۱-۳ درصورت لزوم، می‌توان با کسب اجازه از ناظر، از استانداردهای دیگری به جای موارد مندرج در بند ۱۱-۱-۲-۱-۲ استفاده نمود. این امر نباید منجر به عدول از نیازمندی‌های طرح سازه شود.

۱۱-۱-۲-۱-۴ درجه‌بندی تضمین شده مصالح فولادی به وسیله کارخانه فولاد سازی در انطباق با بندهای ۱۱-۱-۲-۱-۱ تا ۱۱-۱-۲-۱-۳ برای اطمینان از کیفیت مصالح، کافی است.

۱۱-۱-۲-۱-۵ هرگاه مصالح فولادی، رواداری‌های مربوط به صافی، انحنا یا خیز اولیه مطابق بندهای ۱۱-۱-۲-۱-۲ و ۱۱-۱-۲-۱-۳ این مقررات را ارضا نکنند، مجری مجاز است که عملیات اصلاحی را به وسیله گرمایش کنترل شده و صافکاری مکانیکی انجام دهد.

۱۱-۱-۲-۱-۶ مقاطع فولادی که به صورت سرد نوردشده ساخته می‌شوند، در این قسمت مورد نظر نیستند.

۱۱-۱-۲-۱-۷ ویژگی‌های میلگرد مورد استفاده برای ساخت مهار داخل پی باید منطبق بر شرایط طرح باشد. روش ایجاد رزوه پیچ روی این میلگردها باید به نحوی باشد که در محاسبات سطح مقطع ناحیه رزوه شده ملاک محاسبه قرار گیرد.



Metric units:

Flange-tilt tolerances:

$T + T'$ = 6mm for $d \leq 300$mm
= 8mm for $d > 300$mm

Actual depth with tolerances:

d_1 = d plus or minus 3mm
d_{max} = $d + T + T'$

Actual flange width with tolerances:

b^+ = 1/2 b_f plus or minus 5mm
b^- = 1/2 b_f minus or plus 5mm
b_{max} = b_f plus 6mm or minus 5mm

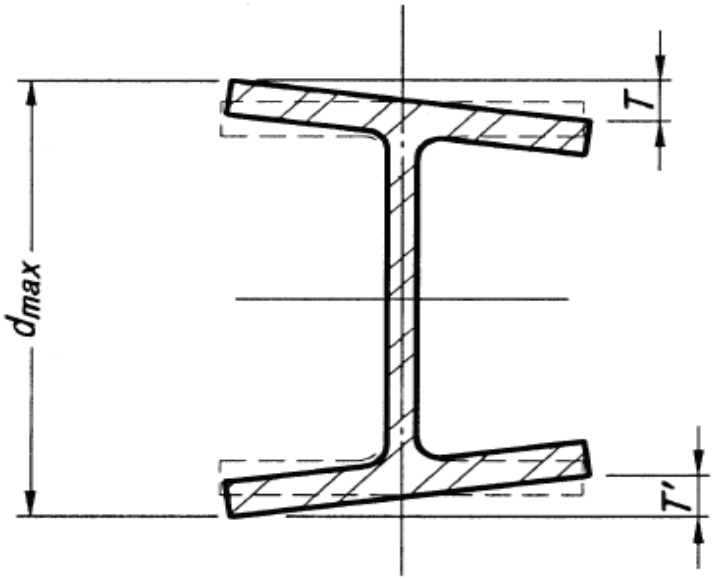
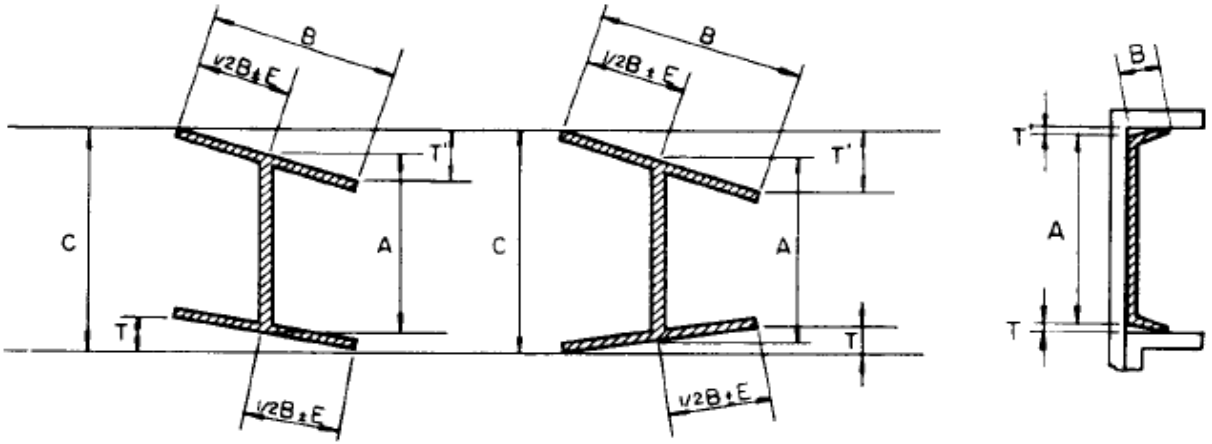


Figure C-5.1. Mill tolerances on the cross-section of a W-shape.

TABLE A1.16 Permitted Variations in Cross Section for W, HP, S, M, C, and MC Shapes

NOTE 1—*A* is measured at center lines of web for S, M, W, and HP shapes; at back of web for C and MC shapes. Measurement is overall for C shapes under 75 mm. *B* is measured parallel to flange. *C* is measured parallel to web.

NOTE 2—Where "..." appears in this table, there is no requirement.



Shape	Section Nominal Size, mm	Permitted Variations in Sectional Dimensions Given, mm								
		A, Depth		*B*, Flange Width		$T + T'$ [A] Flanges Out-of-Square[B]	*E*, Web off Center[C]	*C*, Maximum Depth at any Cross Section over Theoretical Depth	Permitted Variations Over or Under Theoretical Web Thickness for Thicknesses Given in Millimetres, mm	
		Over Theoretical	Under Theoretical	Over Theoretical	Under Theoretical				5 and Under	Over 5
W and HP	up to 310, incl	4	3	6	5	6	5	6	...	...
	over 310	4	3	6	5	8	5	6	...	...
S and M	75 to 180, incl	2	2	3	3	0.03	5	...	...	...
	over 180 to 360, incl.	3	2	4	4	0.03	5	...	...	...
	over 360 to 610, incl	5	3	5	5	0.03	5	...	...	...
C and MC	40 and under	1	1	1	1	0.03	...	...	0.2	0.4
	over 40 to 75, excl	2	2	2	2	0.03	...	...	0.4	0.5
	75 to 180, incl	3	2	3	3	0.03	...	...	...	...
	over 180 to 360, incl	3	3	3	4	0.03	...	...	...	...
	over 360	5	4	3	5	0.03	...	...	...	...

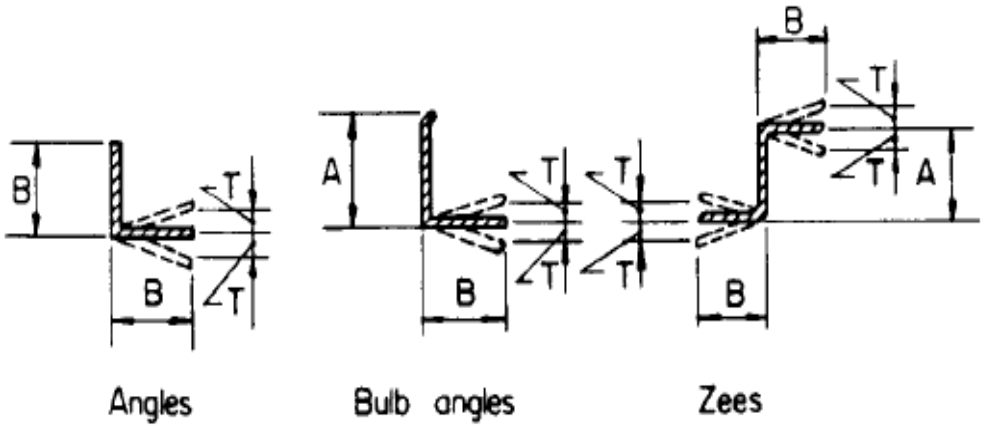
[A] $T + T'$ applies when flanges of channels are toed in or out. For channels 16 mm and under in depth, the permitted out-of-square is 0.05 mm/mm of depth. The permitted variation shall be rounded to the nearest millimetre after calculation.

[B] Permitted variation is per millimetre of flange width for S, M, C, and MC shapes.

[C] Permitted variation of 8 mm max for sections over 634 kg/m.

TABLE A1.17 Permitted Variations in Cross Section for Angles (L Shapes), Bulb Angles, and Zees

NOTE 1—Where "..." appears in this table, there is no requirement.



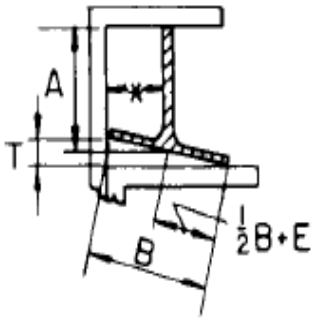
Section	Nominal Size, mm	Permitted Variations in Sectional Dimensions Given, mm							
		A, Depth		*B*, Flange Width, or Length of Leg		*T*, Out-of-Square per Millimetre of *B*	Permitted Variations Over or Under Theoretical Thickness for Thicknesses Given in Millimetres, mm		
		Over Theoretical	Under Theoretical	Over Theoretical	Under Theoretical		5 and Under	Over 5 to 10	Over 10
Angles[A] (L shapes)	25 and under	...	...	1	1	0.026[B]	0.2	0.2	...
	over 25 to 50, incl	...	...	1	1	0.026[B]	0.2	0.2	0.3
	over 50 to 75, excl	...	...	2	2	0.026[B]	0.3	0.4	0.4
	75 to 100, incl	...	...	3	2	0.026[B]	...	...	...
	over 100 to 150 incl	...	...	3	3	0.026[B]	...	...	...
	over 150	...	...	5	3	0.026[B]	...	...	...
Bulb angles	(depth) 75 to 100, incl	3	2	4	2	0.026[B]	...	...	...
	over 100 to 150, incl	3	2	4	3	0.026[B]	...	...	...
	over 150	3	2	5	3	0.026[B]	...	...	...
Zees	75 to 100, incl	3	2	4	2	0.026[B]	...	...	...
	over 100 to 150, incl	3	2	4	3	0.026[B]	...	...	...

[A] For unequal leg angles, longer leg determines classification.

[B] 0.026 mm/mm = 1½ °. The permitted variation shall be rounded to the nearest millimetre after calculation.

TABLE A1.18 Permitted Variations in Sectional Dimensions for Rolled Tees

NOTE 1—*Back of square and center line of stem are to be parallel when measuring "out-of-square."
NOTE 2—Where "..." appears in this table, there is no requirement.



Tees

Nominal Size[A]	Permitted Variations in Sectional Dimensions Given, mm										
	A, Depth[B]		*B*, Width[B]		*T*, Out-of-Square per Millimetre of *B*	*E*, Web Off-Center, max	Stem Out-of-Square[C]	Thickness of Flange		Thickness of Stem	
	Over	Under	Over	Under				Over	Under	Over	Under
30 and under	1	1	1	1	...	...	1	0.2	0.2	0.1	0.5
Over 30 to 50, incl	2	2	2	2	...	...	2	0.3	0.3	0.2	0.5
Over 50 to 75, excl	2	2	2	2	...	...	2	0.4	0.4	0.4	0.5
75 to 125, incl	2	2	3	3	0.03	2	...	...	...	...	...
Over 125 to 180, incl	2	2	3	3	0.03	3	...	...	...	...	...

[A]The longer member of an unequal tee determines the size for Permitted variations.
[B]Measurements for both depth and width are overall.
[C]Stem out-of-square is the permitted variation from its true position of the center line of stem, measured at the point.

TABLE A1.19 Permitted Variations in Length for S, M, C, MC, L, T, Z, and Bulb Angle Shapes

NOTE 1—Where "..." appears in this table, there is no requirement.

Nominal Size,[A] mm	Permitted Variations From Specified Length for Lengths Given in Metres, mm													
	1.5 to 3, excl		3 to 6, excl		6 to 9, incl		Over 9 to 12, incl		Over 12 to 15, incl		Over 15 to 20, incl		Over 20 m	
	Over	Under	Over	Under	Over	Under	Over	Under	Over	Under	Over	Under	Over	Under
Under 75	16	0	25	0	38	0	51	0	64	0	64	0	...	...
75 and over	25	0	38	0	45	0	57	0	70	0	70	0	...	...

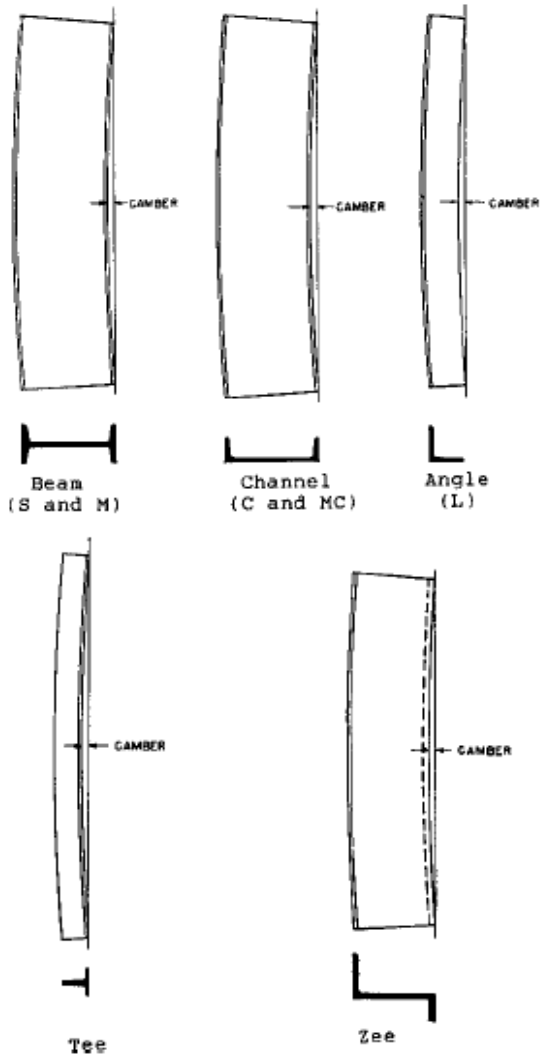
[A]Greatest cross-sectional dimension.

TABLE A1.20 Permitted Variations in End Out-of-Square for S, M, C, MC, L, T, Z, and Bulb Angle Shapes

Shapes	Permitted Variation
S, M, C, and MC	0.017 mm per millimetre of depth
L[A]	0.026 mm per millimetre of leg length or 1½ °
Bulb angles	0.026 mm per millimetre of depth or 1½ °
Rolled tees[A]	0.017 mm per millimetre of flange or stem
Zees	0.026 mm per millimetre of sum of both flange lengths

[A]Permitted variations in ends out-of-square are determined on the longer members of the shape.

TABLE A1.21 Permitted Variations in Straightness for S, M, C, MC, L, T, Z, and Bulb Angle Shapes



Positions for Measuring Camber of Shapes

Variable	Nominal Size,[A] mm	Permitted Variation, mm
Camber	under 75	4 × number of metres of total length
	75 and over	2 × number of metres of total length
Sweep	all	Due to the extreme variations in flexibility of these shapes, permitted variations for sweep are subject to negotiations between the manufacturer and the purchaser for the individual sections involved.

[A]Greatest cross-sectional dimension.

TABLE A1.22 Permitted Variations in Length for W and HP Shapes

W Shapes	Permitted Variations From Specified Length for Lengths Given in Metres, mm[A,B]			
	9 and Under		Over 9	
	Over	Under	Over	Under
Beams 610 mm and under in nominal depth	10	10	10 plus 1 for each additional 1 m or fraction thereof	10
Beams over 610 mm in nominal depth and all columns	13	13	13 plus 1 for each additional 1 m or fraction thereof	13

[A]For HP and W shapes specified in the order for use as bearing piles, the permitted variations in length are plus 125 and minus 0 mm. These permitted variations in length also apply to sheet piles.

[B]The permitted variations in end out-of-square for W and HP shapes shall be 0.016 mm per millimetre of depth, or per millimetre of flange width if the flange width is larger than the depth. The permitted variations shall be rounded to the nearest millimetre after calculation.

TABLE A1.23 Permitted Variations for Length and End Out-of-Square, Milled Shapes

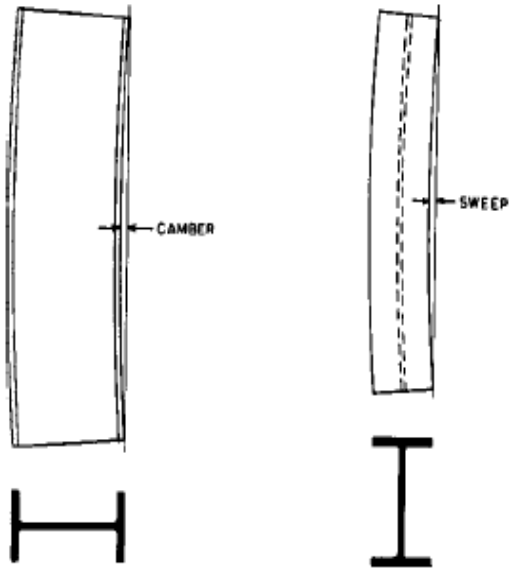
Nominal Depth, mm	Length,[B] m	Permitted Variations in Length and End Out-of-Square, mm[A]					
		Milled Both Ends[C]			Milled One End[C]		
		Length		End Out-of-Square	Length		End Out-of-Square-(for Milled End)
		Over	Under		Over	Under	
150 to 920	2 to 21	1	1	1	6	6	1

[A]The permitted variations in length and end out-of-square are additive.

[B]Length is measured along center line of web. Measurements are made with the steel and tape at the same temperature.

[C]End out-of-square is measured by (*a*) squaring from the center line of the web and (*b*) squaring from the center line of the flange. The measured variation from true squareness in either plane shall not exceed the total tabular amount.

TABLE A1.24 Permitted Variations in Straightness for W and HP Shapes



Positions for Measuring Camber and Sweep of W and HP Shapes

	Permitted Variation in Straightness, mm
Camber and sweep	1 × number of metres of total length[A]
When certain sections[B] with a flange width approximately equal to depth are specified in the order for use as columns:	
Lengths of 14 m and under	1 × number of metres of total length, but not over 10
Lengths over 14 m	10 + [1 × (number of metres of total length – 14 m)]

[A]Sections with a flange width less than 150 mm, permitted variation for sweep, mm = 2 × number of metres of total length.

[B]Applies only to:

200-mm deep sections—46.1 kg/m and heavier,
250-mm deep sections—73 kg/m and heavier,
310-mm deep sections—97 kg/m and heavier, and
360-mm deep sections—116 kg/m and heavier.

For other sections specified in the order for use as columns, the permitted variation is subject to negotiation with the manufacturer.

۱۱-۱-۲-۲ پیچ و مهره

۱۱-۱-۲-۲-۱ تا زمان تهیه استانداردهای ملّی ایران، ویژگی‌های شیمیایی، مکانیکی و هندسی پیچ، مهره و واشر باید با استانداردهای مرتبط معتبر منطبق باشد.

۱۱-۱-۲- ۳ الکترود جوشکاری

۱۱-۱-۲-۳-۱ ویژگی‌های الکترود مصرفی برای جوشکاری باید با استاندارد ملّی منطبق باشد.

جدول ۱۰-۲-۹-۶ مشخصات پیچ‌های تولید یا موجود در ایران

نوع پیچ	نام استاندارد		تنش تسلیم مصالح پیچ (F_y)	تنش کششی نهایی مصالح پیچ (F_u)
	ASTM	ISO		
پیچ‌های معمولی	A۳۰۷	-	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	-	۴.۶	۲۴۰ MPa	۴۰۰ MPa
	-	۴.۸	۳۲۰ MPa	۴۲۰ MPa
	-	۵.۶	۳۰۰ MPa	۵۰۰ MPa
	-	۵.۸	۴۰۰ MPa	۵۲۰ MPa
	-	۶.۸	۴۸۰ MPa	۶۰۰ MPa
پیچ‌های پرمقاومت	A۳۲۵ d ≤۲۴mm		-	۸۰۰ MPa
	A۳۲۵ d >۲۴mm	-	-	۷۲۵ MPa
	A۴۹۰	-	-	۱۰۰۰ MPa
		۸.۸	-	۸۰۰ MPa
		۱۰.۹	-	۱۰۰۰ MPa
		۱۲.۹	-	۱۲۰۰ MPa

Product	ASTM Standard	See Lot Definition in ASTM Section
Conventional bolts	A325	9.4
	A490	11.4
Twist-off-type tension-control bolt assemblies	F1852	13.4
	F2280	3.1.1
Nuts	A563	9.2
Washers	F436	9.2
Compressible-washer-type direct tension indicators	F959	10.2.2

- **2.3. Heavy-Hex Structural Bolts**
- 2.3.1. **Specifications**: *Heavy-hex structural bolts shall meet the requirements of ASTM A325 or ASTM A490. The Engineer of Record shall specify the ASTM designation and type of bolt (see Table 2.1) to be used.*
- 2.3.2. **Geometry**: *Heavy-hex structural bolt dimensions shall meet the requirements of ANSI/ASME B18.2.6. The bolt length used shall be such that the end of the bolt extends beyond or is at least flush with the outer face of the nut when properly installed.*
- ***2.3.3 Reuse:*** *ASTM A490 bolts, ASTM F1852 and F2280 twist-off-type tension-control bolt assemblies, and galvanized or Zn/Al Inorganic coated ASTM A325 bolts shall not be reused. When approved by the Engineer of Record, black ASTM A325 bolts are permitted to be reused.* ***Touching up or re-tightening bolts that may have been loosened by the installation of adjacent bolts*** *shall not be considered to be a reuse.*

Table 2.1. Acceptable ASTM A563 Nut Grade and Finish and ASTM F436 Washer Type and Finish

ASTM Desig.	Bolt Type	Bolt Finish [d]	ASTM A563 Nut Grade and Finish [d]	ASTM F436 Washer Type and Finish [a,d]
A325	1	Plain (uncoated)	C, C3, D, DH [c] and DH3; plain	1; plain
		Galvanized	DH [c]; galvanized and lubricated	1; galvanized
		Zn/Al Inorganic, per ASTM F1136 Grade 3	DH [c]; Zn/Al Inorganic, per ASTM F1136 Grade 5	1; Zn/Al Inorganic, per ASTM F1136 Grade 3
	3	Plain	C3 and DH3; plain	3; plain
F1852	1	Plain (uncoated)	C, C3, DH [c] and DH3; plain	1; plain [b]
		Mechanically Galvanized	DH [c]; mechanically galvanized and lubricated	1; mechanically galvanized [b]
	3	Plain	C3 and DH3; plain	3; plain [b]
A490	1	Plain	DH[c] and DH3; plain	1; plain
		Zn/Al Inorganic, per ASTM F1136 Grade 3	DH [c]; Zn/Al Inorganic, per ASTM F1136 Grade 5	1; Zn/Al Inorganic, per ASTM F1136 Grade 3
	3	Plain	DH3; plain	3; plain
F2280	1	Plain	DH [c] and DH3; plain	1; plain [b]
	3	Plain	DH3; plain	3; plain [b]

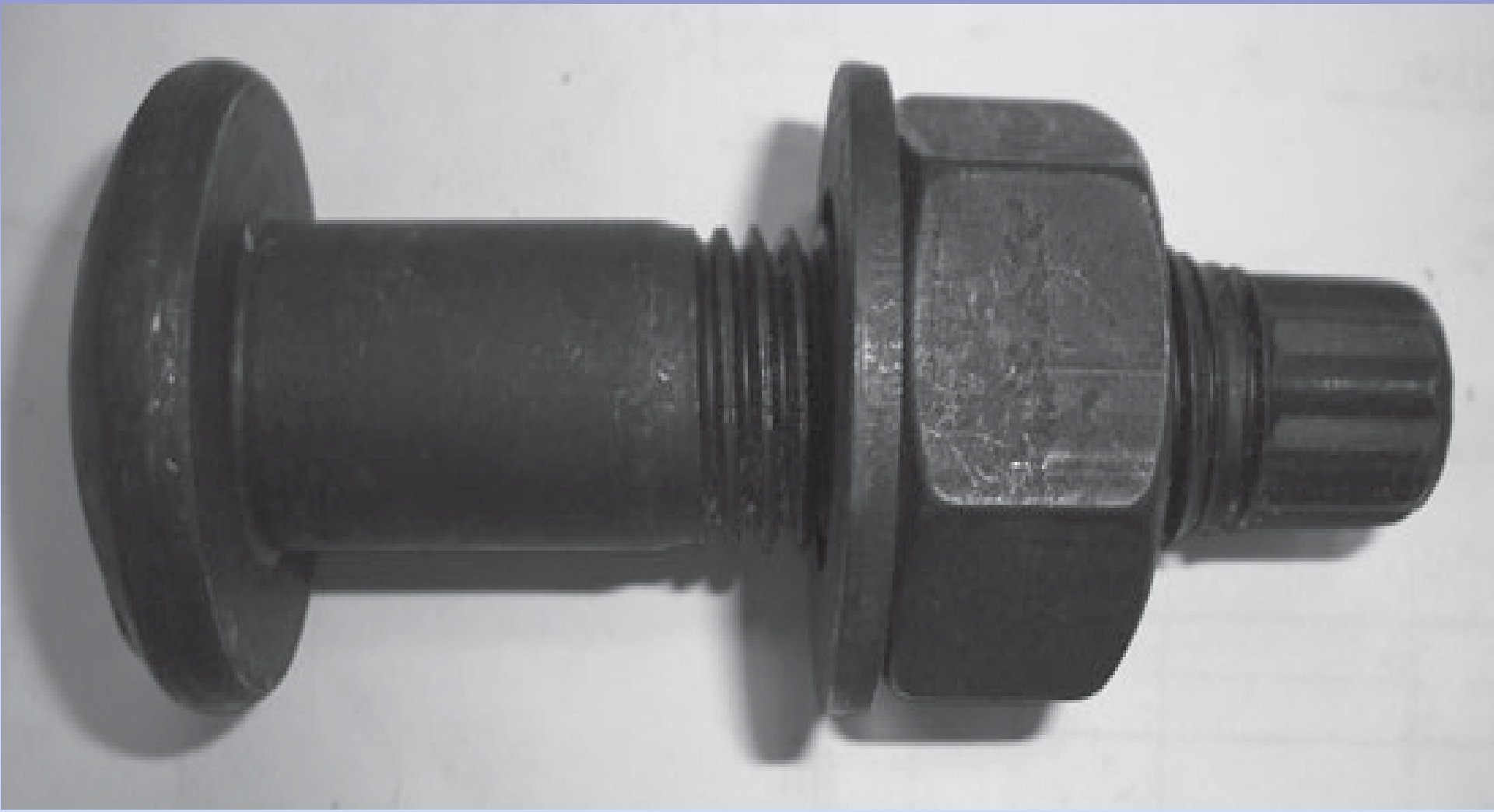
[a] Applicable only if washer is required in Section 6.

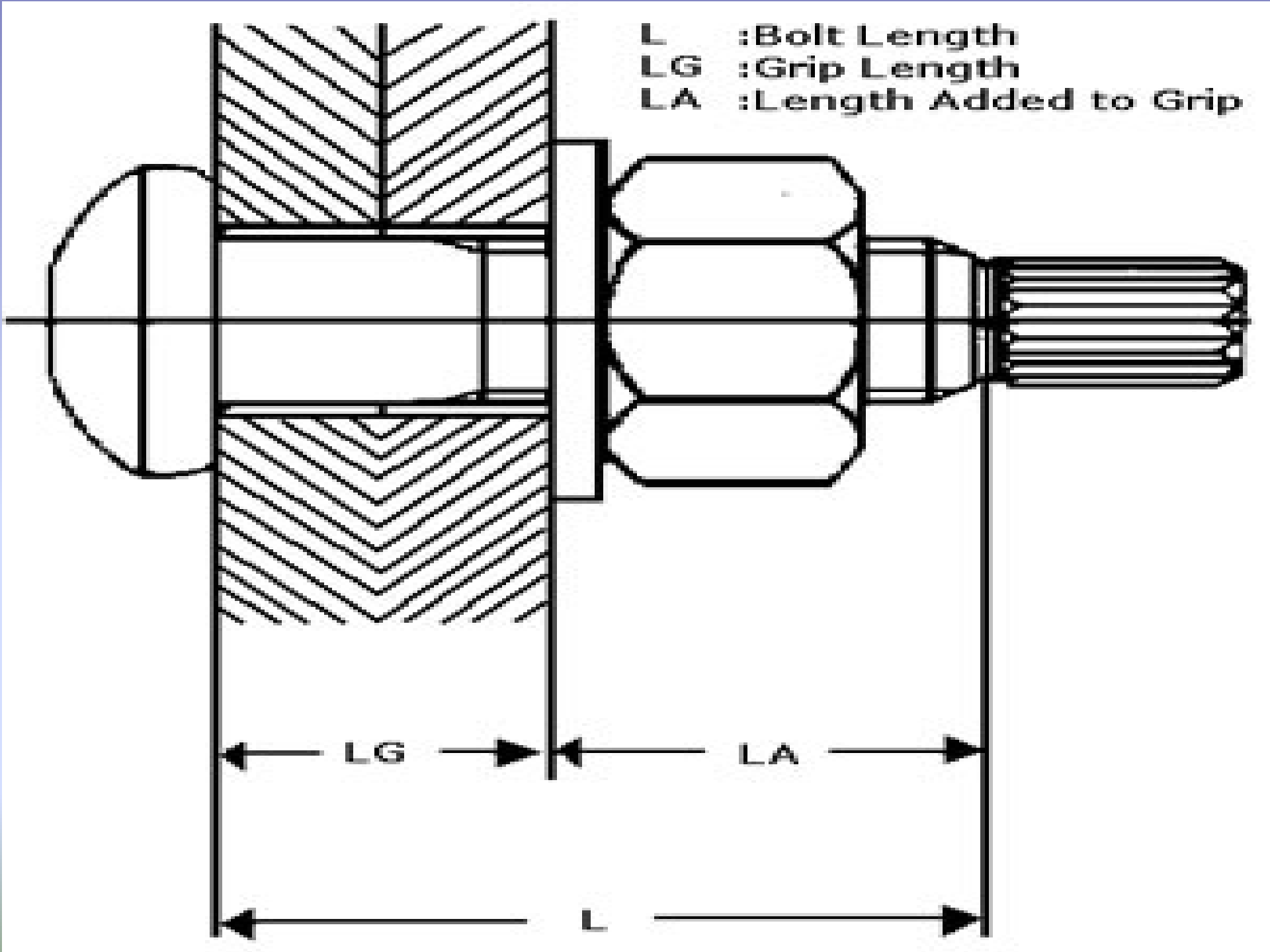
[b] Required in all cases under nut per Section 6.

[c] The substitution of ASTM A194 grade 2H nuts in place of ASTM A563 grade DH nuts is permitted.

[d] "Galvanized" as used in this table refers to hot-dip galvanizing in accordance with ASTM F2329 or mechanical galvanizing in accordance with ASTM B695.

[e] "Zn/Al Inorganic" as used in this table refers to application of a Zn/Al Corrosion Protective Coating in accordance with ASTM F1136 which has met all the requirements of IFI-144.




L :Bolt Length
LG :Grip Length
LA :Length Added to Grip
LG
LA
L

- *ASTM A325 and ASTM A490 currently provide for two types (according to metallurgical classification) of high-strength bolts, supplied in diameters from 12 mm. to 38 mm. inclusive.* ***Type 1 covers medium carbon steel for ASTM A325 bolts and alloy steel for ASTM A490 bolts****.* ***Type 3 covers high-strength bolts that have improved atmospheric corrosion resistance and weathering characteristics****. When the bolt type is not specified, either Type 1 or Type 3 may be supplied at the option of the manufacturer. Note that ASTM F1852 and ASTM F2280 twist-off-type tension-control bolt assemblies may be manufactured with a button head or hexagonal head; other requirements for these fastener assemblies are found in Section 2.7.*
- *Regular heavy-hex structural bolts and twist-off-type tension-control bolt assemblies are required by ASTM Specifications to be distinctively marked. Certain markings are mandatory. In addition to the mandatory markings, the manufacturer may apply additional distinguishing markings. The mandatory and sample optional markings are illustrated in Figure C-2.1.*
- *ASTM Specifications* ***permit the galvanizing of ASTM A325 bolts but not ASTM A490 bolts.*** *Similarly,* ***the application of zinc to ASTM A490 bolts by metallizing or mechanical coating is not permitted*** *because the effect of mechanical galvanizing on embrittlement and delayed cracking of ASTM A490 bolts has not been fully investigated to date*

Bolt/Nut	Type 1	Type 3
ASTM A325 bolt	Three radial lines 120° apart are optional	
ASTM F1852 bolt	Three radial lines 120° apart are optional	
ASTM A490 bolt		
ASTM F2280 bolt		
ASTM A563 nut	Arcs indicate Grade C	Arcs with "3" indicate Grade C3	Grade D
	Grade DH	Grade DH3	

1. XYZ represents the manufacturer's identification mark.
2. ASTM F1852 and ASTM F2280 twist-off-type tension-control bolt assemblies are also produced with a heavy-hex head that has similar markings.

Figure C-2.1. Required marks for acceptable bolt and nut assemblies.

- *Galvanized high-strength bolts and nuts must be considered as a manufactured fastener assembly. Insofar as the hot-dip galvanized bolt and nut assembly is concerned, four principal factors must be considered so that the provisions of this Specification are understood and properly applied. These are:*
- ***(1) The effect of the hot-dip galvanizing process on the mechanical properties of high-strength steels;***
- ***(2) The effect of over-tapping for hot-dip galvanized coatings on the nut stripping strength;***
- ***(3) The effect of galvanizing and lubrication on the torque required for***
- ***pretensioning; and,***
- ***(4) Shipping requirements.***
- *ASTM A325 and A490 bolts are manufactured to dimensions as specified in ANSI/ASME B18.2.6. The basic dimensions, as defined in Figure C-2.2, are shown in Table C-2.1.*

Table C-2.1. Bolt and Nut Dimensions

Nominal Bolt Diameter, d_b, in.	Heavy-Hex Bolt Dimensions, in.			Heavy-Hex Nut Dims., in.	
	Width across flats, F	Height, H_1	Thread Length, T	Width across flats, W	Height, H_2
½	⅞	5/16	1	⅞	31/64
⅝	1 1/16	25/64	1 ¼	1 1/16	39/64
¾	1 ¼	15/32	1 ⅜	1 ¼	47/64
⅞	1 7/16	35/64	1 ½	1 7/16	55/64
1	1 ⅝	39/64	1 ¾	1 ⅝	63/64
1 ⅛	1 13/16	11/16	2	1 13/16	1 7/64
1 ¼	2	25/32	2	2	1 7/32
1 ⅜	2 13/16	27/32	2 ¼	2 3/16	1 11/32
1 ½	2 ⅜	15/16	2 ¼	2 ⅜	1 15/32

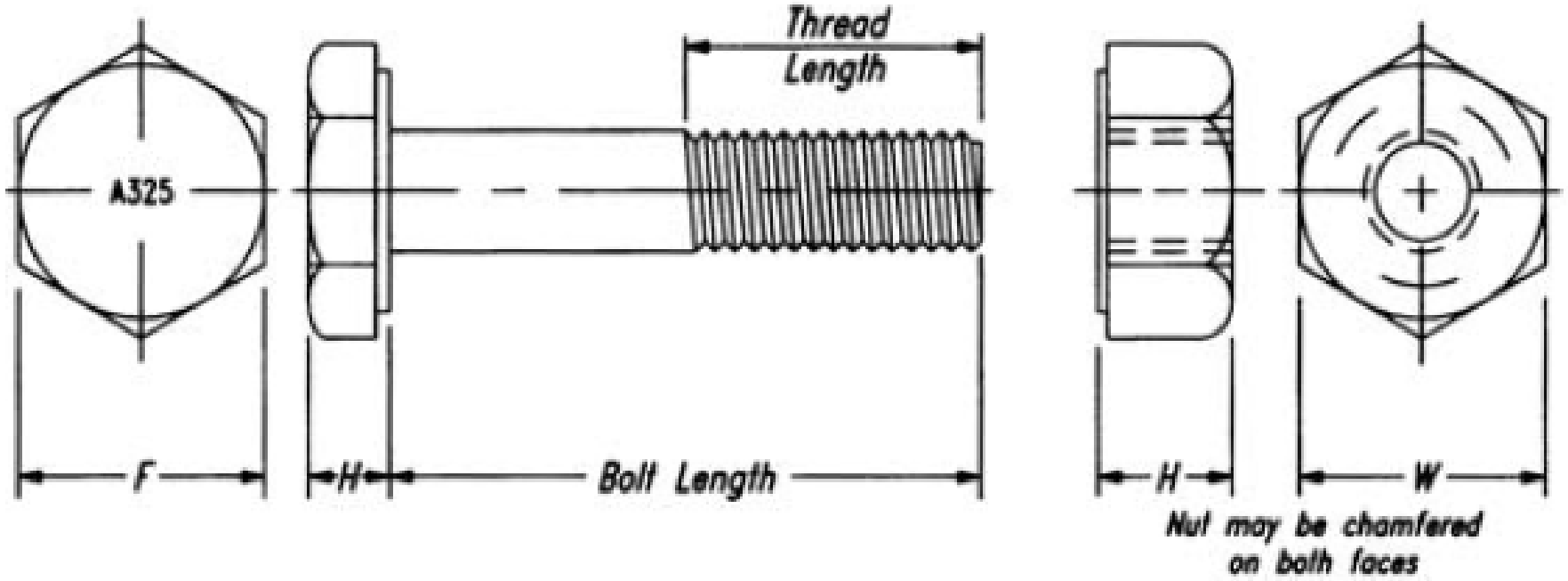


Figure C-2.2. Heavy-hex structural bolt and heavy-hex nut.

- *To determine the required bolt length, the value shown in Table C-2.2 should be added to the grip (i.e., the total thickness of all connected material, exclusive of washers). For each ASTM F436 washer that is used, add 5/32 in (4mm).; for each beveled washer, add , 15/16 in (8 mm). The tabulated values provide appropriate allowances for manufacturing tolerances and also provide sufficient thread engagement with an installed heavy-hex nut.*
- *The length determined by the use of Table C-2.2 should be adjusted to the nearest 1/4 in (6 mm). length increment [1/2 in. (12 mm) length increment for lengths exceeding 6 in (150 mm).]*

Table C-2.2. Bolt Length Selection Increment

Nominal Bolt Diameter, d_b, in.	To Determine the Required Bolt Length, Add to Grip, in.
½	11/16
5/8	7/8
¾	1
7/8	1⅛
1	1¼
1⅛	1½
1¼	1⅝
1⅜	1¾
1½	1⅞

- **2.4. Heavy-Hex Nuts**
- ***2.4.1. Specifications**: Heavy-hex nuts shall meet the requirements of ASTM A563. The grade and finish of such nuts shall be as given in Table 2.1.*
- ***2.4.2. Geometry**: Heavy-hex nut dimensions shall meet the requirements of ANSI/ASME B18.2.6.*
- Hot-dip galvanizing affects the stripping strength of the bolt-nut assembly because, to accommodate the relatively thick zinc coatings of nonuniform thickness on bolt threads, it is usual practice to hot-dip galvanize the blank nut and then to tap the nut over-size. This results in a reduction of thread engagement with a consequent reduction of the stripping strength. Only the stronger hardened nuts have adequate strength to meet ASTM thread strength requirements after over-tapping. **Therefore, as specified in ASTM A325, only ASTM A563 grade DH are suitable for use as galvanized nuts**. This requirement should not be overlooked if non-galvanized nuts are purchased and then sent to a local galvanizer for hot-dip galvanizing. Because the mechanical galvanizing process results in a more uniformly distributed and smooth zinc coating, nuts may be tapped over-size before galvanizing by an amount that is less than that required for the hot-dip process before galvanizing.

- Despite the thin-film of the Zn/Al Inorganic Coating, tapping the nuts over-size may be necessary. Similar to mechanical galvanizing, the process results in a comparatively uniform and evenly distributed coating.
- **2.5. Washers**
- *Flat circular washers and square or rectangular beveled washers shall meet the requirements of ASTM F436, except as provided in Table 6.1. The type and finish of such washers shall be as given in Table 2.1.*
- **2.6. Washer-Type Indicating Devices**
- *The use of washer-type indicating devices is permitted as described in Sections 2.6.1 and 2.6.2.*
- ***2.6.1. Compressible-Washer-Type Direct Tension Indicators:*** *Compressible-washer type direct tension indicators shall meet the requirements of ASTM F959.*
- ***2.6.2. Alternative Washer-Type Indicating Devices:*** *When approved by the Engineer of Record, the use of alternative washer-type indicating devices that differ from those that meet the requirements of ASTM F959 is permitted*

F-436

Table 6.1. Washer Requirements for Pretensioned and Slip-Critical Bolted *Joints* with Oversized and Slotted Holes in the Outer Ply

ASTM Designation	Nominal Bolt Diameter, d_b, in.	Hole Type in Outer Ply		
		Oversized	Short-Slotted	Long-Slotted
A325 or F1852	½ – 1 ½	ASTM F436 [a]		5/16 in. thick plate washer or continuous bar [b,c]
A490 or F2280	≤ 1			
	> 1	ASTM F436 extra thick [a,b,d]		ASTM F436 washer with either a ⅜ in. thick plate washer or continuous bar [b,c]

[a] This requirement shall not apply to heads of round head tension-control bolt assemblies that meet the requirements in Section 2.7 and provide a bearing circle diameter that meets the requirements of ASTM F1852 or F2280.

[b] See ASTM F436 Section 1.2.2.4. Multiple washers with a combined thickness of 5/16 in. or larger do not satisfy this requirement.

[c] The plate washer or bar shall be of structural-grade steel material, but need not be hardened.

[d] Alternatively, a ⅜ in. thick plate washer and an ordinary thickness F436 washer may be used. The plate washer need not be hardened.

- **2.7. Twist-Off-Type Tension-Control Bolt Assemblies**
- *2.7.1. **Specifications:** Twist-off-type tension-control bolt assemblies shall meet the requirements of ASTM F1852 or F2280. The Engineer of Record shall specify the type of bolt (Table 2.1) to be used.*
- *2.7.2. **Geometry:** Twist-off-type tension-control bolt assembly dimensions shall meet the requirements of ASTM F1852 or ASTM F2280. The bolt length used shall be such that the end of the bolt extends beyond or is at least flush with the outer face of the nut when properly installed.*
- *If galvanized, ASTM F1852 twist-off-type tension-control bolt assemblies are required in ASTM F1852 to be mechanically galvanized.*

Table 1
Electrode Classification

AWS Classification				
A5.1	A5.1M	Type of Covering	Welding Position[a]	Type of Current[b]
E6010	E4310	High cellulose sodium	F, V, OH, H	dcep
E6011	E4311	High cellulose potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E6012	E4312	High titania sodium	F, V, OH, H	ac or dcen
E6013	E4313	High titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E6018[c]	E4318[c]	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep
E6019	E4319	Iron oxide titania potassium	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E6020	E4320	High iron oxide	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E6022[d]	E4322[d]	High iron oxide	F, H-fillet	ac or dcen
E6027	E4327	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7014	E4914	Iron powder, titania	F, V, OH, H	ac, dcep, or dcen
E7015	E4915	Low-hydrogen sodium	F, V, OH, H	dcep
E7016[c]	E4916[c]	Low-hydrogen potassium	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018[c]	E4918[c]	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, V, OH, H	ac or dcep
E7018M	E4918M	Low-hydrogen iron powder	F, V, OH, H	dcep
E7024[c]	E4924[c]	Iron power, titania	H-fillet, F	ac, dcep, or dcen
E7027	E4927	High iron oxide, iron powder	H-fillet F	ac or dcen ac, dcep, or dcen
E7028[c]	E4928[c]	Low-hydrogen potassium, iron powder	H-fillet, F	ac or dcep
E7048	E4948	Low-hydrogen potassium, iron powder	F, OH, H, V-down	ac or dcep

[a] The abbreviations, F, H, H-fillet, V, V-down, and OH indicate the welding positions as follows: F = Flat, H = Horizontal, H-fillet = Horizontal fillet, V = Vertical, progression upwards (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018 [E4318], E7014 [E4914], E7015 [E4915], E7016 [E4916], E7018 [E4918], E7018M [E4918M], E7048 [E4948]). V-down = Vertical, progression downwards (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018 [E4318], E7014 [E4914], E7015 [E4915], E7016 [E4916], E7018 [E4918], E7018M [E4918M], E7048 [E4948]), OH = Overhead (for electrodes 3/16 in [5.0 mm] and under, except 5/32 in [4.0 mm] and under for classifications E6018 [E4318], E7014 [E4914], E7015 [E4915], E7016 [E4916], E7018 [E4918], E7018M [E4918M], E7048 [E4948]).

[b] The term "dcep" refers to direct current electrode positive (dc, reverse polarity). The term "dcen" refers to direct current electrode negative (dc, straight polarity).

[c] Electrodes with supplemental elongation, notch toughness, absorbed moisture, and diffusible hydrogen requirements may be further identified as shown in Tables 2, 3, 10, and 11.

[d] Electrodes of the E6022 [E4322] classification are intended for single-pass welds only.

Table 2
Tension Test Requirements[a, b, c]

AWS Classification		Tensile Strength		Yield Strength at 0.2% Offset		Elongation Percentage in 4x Diameter Length
A5.1	A5.1M	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	A5.1 (ksi)	A5.1M (MPa)	
E6010	E4310	60	430	48	330	22
E6011	E4311	60	430	48	330	22
E6012	E4312	60	430	48	330	17
E6013	E4313	60	430	48	330	17
E6018	E4318	60	430	48	330	22
E6019	E4319	60	430	48	330	22
E6020	E4320	60	430	48	330	22
E6022[d]	E4322[d]	60	430	Not Specified		Not Specified
E6027	E4327	60	430	48	330	22
E7014	E4914	70	490	58	400	17
E7015	E4915	70	490	58	400	22
E7016	E4916	70	490	58	400	22
E7018	E4918	70	490	58	400	22
E7024	E4924	70	490	58	400	17[e]
E7027	E4927	70	490	58	400	22
E7028	E4928	70	490	58	400	22
E7048	E4948	70	490	58	400	22
E7018M	E4918M	Note f	Note f	53–72[g]	370–500[g]	24

[a] See Table 4 for sizes to be tested.
[b] Requirements are in the as-welded condition with aging as specified in 12.2.
[c] Single values are minimum.
[d] A transverse tension test, as specified in 12.5 and a longitudinal guided bend test, as specified in Clause 13 are required.
[e] Weld metal from electrodes identified as E7024-1 [E4924-1] shall have elongation of 22% minimum.
[f] Tensile strength of this weld metal is a nominal 70 ksi [490 MPa].
[g] For 3/32 in [2.4 mm] electrodes, the maximum yield strength shall be 77 ksi [530 MPa].

Table 3
Charpy V-Notch Impact Requirements

AWS Classification		Limits for 3 out of 5 Specimens[a]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E6010, E6011, E6018 E6027, E7015, E7016[b], E7018[b], E7027, E7048	E4310, E4311, E4318 E4327, E4915, E4916[b], E4918[b], E4927, E4948	20 ft·lbf at –20°F [27 J at –30°C]	15 ft·lbf at –20°F [20 J at –30°C]
E6019 E7028	E4319 E4928	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]
E6012, E6013, E6020, E6022, E7014, E7024[b]	E4312, E4313 E4320, E4322 E4914, E4924[b]	Not Specified	Not Specified
AWS Classification		Limits for 5 out of 5 Specimens[c]	
A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7018M	E4918M	50 ft·lbf at –20°F [67 J at –30°C]	40 ft·lbf at –20°F [54 J at –30°C]

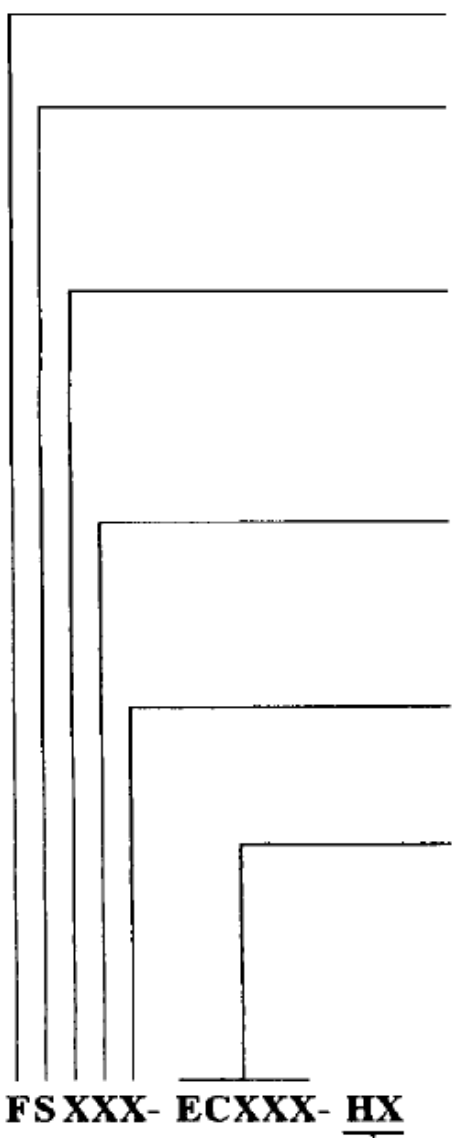
[a] Both the highest and lowest test values obtained shall be disregarded in computing the average. Two of these remaining three values shall equal or exceed 20 ft·lbf [27 J].

[b] Electrodes with the following optional supplemental designations shall meet the lower temperature impact requirements specified below:

AWS Classification		Electrode Designation		Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above)	
A5.1	A5.1M	A5.1	A5.1M	Average, Min.	Single Value, Min.
E7016 E7018	E4916 E4918	E7016-1 E7018-1	E4916-1 E4918-1	20 ft·lbf at –50°F [27 J at –45°C]	15 ft·lbf at –50°F [20 J at –45°C]
E7024	E4924	E7024-1	E4924-1	20 ft·lbf at 0°F [27 J at –20°C]	15 ft·lbf at 0°F [20 J at –20°C]

[c] All five values obtained shall be used in computing the average. Four of the five values shall equal, or exceed, 50 ft·lbf [67 J].

MANDATORY CLASSIFICATION DESIGNATORS[a]



Indicates a submerged arc welding flux.

Indicates that the welding flux being classified is made solely from crushed slag or is a blend of crushed slag with unused (virgin) flux. Omission of the "S" indicates that the flux being classified is virgin flux.

Indicates the minimum tensile strength (in increments of 10 000 psi) of weld metal deposited with the flux and some specific classification of electrode under the welding conditions specified in Figure 3. For example, when the designator is 7, the tensile requirement is 70 000 to 95 000 psi (see Table 5U).

Designates the condition of heat treatment in which the tests were conducted: "A" for as-welded and "P" for postweld heat treated. The time and temperature of the PWHT are specified in 9.4.

Indicates a temperature in °F at or above which the impact strength of the weld metal referred to above meets or exceeds 20 ft·lbf (See Table 6U).

Classification of the electrode used in producing the weld metal referred to above. The letter "E" in the first position indicates electrode. The letter "C," when present in the second position, indicates that the electrode is a composite electrode (refer to Table 2 for classifications). Omission of the "C" indicates that the electrode is a solid electrode (refer to Table 1 for classifications).

OPTIONAL SUPPLEMENTAL DESIGNATORS[b]

Optional supplemental diffusible hydrogen designator (see Table 7).

Table 1
Chemical Composition Requirements for Solid Electrodes

Electrode Classification	UNS Number[c]	wt. percent[a,b] C	Mn	Si	S	P	Cu[d]	Ti
Low-Manganese Electrodes								
EL8	K01008	0.10	0.25–0.60	0.07	0.030	0.030	0.35	—
EL8K	K01009	0.10	0.25–0.60	0.10–0.25	0.030	0.030	0.35	—
EL12	K01012	0.04–0.14	0.25–0.60	0.10	0.030	0.030	0.35	—
Medium-Manganese Electrodes								
EM11K	K01111	0.07–0.15	1.00–1.50	0.65–0.85	0.030	0.025	0.35	—
EM12	K01112	0.06–0.15	0.80–1.25	0.10	0.030	0.030	0.35	—
EM12K	K01113	0.05–0.15	0.80–1.25	0.10–0.35	0.030	0.030	0.35	—
EM13K	K01313	0.06–0.16	0.90–1.40	0.35–0.75	0.030	0.030	0.35	—
EM14K	K01314	0.06–0.19	0.90–1.40	0.35–0.75	0.025	0.025	0.35	0.03–0.17
EM15K	K01515	0.10–0.20	0.80–1.25	0.10–0.35	0.030	0.030	0.35	—
High-Manganese Electrodes								
EH10K	K01210	0.07–0.15	1.30–1.70	0.05–0.25	0.025	0.025	0.35	—
EH11K	K11140	0.06–0.15	1.40–1.85	0.80–1.15	0.030	0.030	0.35	—
EH12K	K01213	0.06–0.15	1.50–2.00	0.20–0.65	0.025	0.025	0.35	—
EH14	K11585	0.10–0.20	1.70–2.20	0.10	0.030	0.030	0.35	—
EG		Not Specified						

Notes:

a. The electrode shall be analyzed for the specific elements for which values are shown in this table. If the presence of other elements is indicated, in the course of this work, the amount of those elements shall be determined to ensure that their total (excluding iron) does not exceed 0.50 percent.

b. Single values are maximum.

c. SAE/ASTM Unified Numbering System for Metals and Alloys.

d. The copper limit includes any copper coating that may be applied to the electrode.

Table 1
Chemical Composition Requirements for Solid Electrodes and Rods

AWS Classification[b]		UNS[c]	Weight Percent[a]												
A5.18	A5.18M	Number	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	Cu[d]	Ti	Zr	Al
ER70S-2	ER48S-2	K10726	0.07	0.90 to 1.40	0.40 to 0.70	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	0.05 to 0.15	0.02 to 0.12	0.05 to 0.15
ER70S-3	ER48S-3	K11022	0.06 to 0.15	0.90 to 1.40	0.45 to 0.75	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-4	ER48S-4	K11132	0.06 to 0.15	1.00 to 1.50	0.65 to 0.85	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-6	ER48S-6	K11140	0.06 to 0.15	1.40 to 1.85	0.80 to 1.15	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-7	ER48S-7	K11125	0.07 to 0.15	1.50 to 2.00[e]	0.50 to 0.80	0.025	0.035	0.15	0.15	0.15	0.03	0.50	—	—	—
ER70S-G	ER48S-G	—	Not Specified[f]												

Notes:

a. Single values are maximum.

b. The letter "N" as a suffix to a classification indicates that the weld metal is intended for the core belt region of nuclear reactor vessels, as described in the Annex to the specification. This suffix changes the limits on the phosphorus and copper as follows:
P = 0.012% maximum
Cu = 0.08% maximum

c. SAE HS-1086/ASTM DS-56, *Metals & Alloys in the Unified Numbering System.*

d. Copper due to any coating on the electrode or rod plus the copper content of the filler metal itself, shall not exceed the stated 0.50% max.

e. In this classification, the maximum Mn may exceed 2.0%. If it does, the maximum C must be reduced 0.01% for each 0.05% increase in Mn or part thereof.

f. Chemical requirements are not specified but there shall be no intentional addition of Ni, Cr, Mo, or V. Composition shall be reported. Requirements are those agreed to by the purchaser and the supplier.

Table 2
Chemical Composition Requirements for Weld Metal from Composite Electrodes

AWS Classification[a]		UNS	Shielding	Weight Percent[d]									
A5.18	A5.18M	Number[b]	Gas[c]	C	Mn	Si	S	P	Ni[e]	Cr[e]	Mo[e]	V[e]	Cu
Multiple Pass Classifications													
E70C-3X	E48C-3X	W07703	75–80% Ar/Balance CO_2 or CO_2	0.12	1.75	0.90	0.03	0.03	0.50	0.20	0.30	0.08	0.50
E70C-6X	E48C-6X	W07706	75–80% Ar/Balance CO_2 or CO_2	0.12	1.75	0.90	0.03	0.03	0.50	0.20	0.30	0.08	0.50
E70C-G(X)	E48C-G(X)	—	f	Not Specified[g]									
Single Pass Classifications													
E70C-GS(X)	E48C-GS(X)	—	f	Not Specified[h]									

Notes:

a. The final X shown in the classification represents a "C" or "M" which corresponds to the shielding gas with which the electrode is classified. The use of "C" designates 100% CO_2 shielding (AWS A5.32 Class SG-C). "M" designates 75–80% Ar/ balance CO_2 (AWS A5.32 Class SG-AC-Y, where Y is 20 to 25). For E70C-G [E48C-G] and E70C-GS [E48C-GS], the final "C" or "M" may be omitted if these gases are not used for classification.

b. SAE HS-1086/ASTM DS-56, *Metals & Alloys in the Unified Numbering System.*

c. Use of a shielding gas other than that specified will result in different weld metal composition.

d. Single values are maximums.

e. The sum of Ni, Cr, Mo, and V shall not exceed 0.50%.

f. Shielding gas shall be as agreed upon between purchaser and supplier, unless designated by the C or M suffix.

g. Composition shall be reported; the requirements are those agreed to between purchaser and supplier.

h. The composition of weld metal from this classification is not specified since electrodes of this classification are intended only for single pass welds. Dilution, in such welds, usually is quite high.

Table 3
Tension Test Requirements (As Welded)

AWS Classification[a]		Shielding Gas	Tensile Strength (minimum)		Yield Strength[b] (minimum)		Elongation[b] Percent (minimum)
A5.18	A5.18M		psi	MPa	psi	MPa	
ER70S-2 ER70S-3 ER70S-4 ER70S-6 ER70S-7	ER48S-2 ER48S-3 ER48S-4 ER48S-6 ER48S-7	CO_2[c]	70 000	480	58 000	400	22
ER70S-G	ER48S-G	d	70 000	480	58 000	400	22
E70C-3X E70C-6X	E48C-3X E48C-6X	75–80% Ar/balance CO_2 or CO_2	70 000	480	58 000	400	22
E70C-G(X)	E48C-G(X)	d	70 000	480	58 000	400	22
E70C-GS(X)	E48C-GS(X)	d	70 000	480	Not Specified		Not Specified

Notes:

a. The final X shown in the classification represents a "C" or "M" which corresponds to the shielding gas with which the electrode is classified. The use of "C" designates 100% CO_2 shielding (AWS A5.32 Class SG-C); "M" designates 75–80% Ar/balance CO_2 (AWS A5.32 Class SG-AC-Y, where Y is 20 to 25). For E70C-G [E48C-G] and E70C-GS [E48C-GS], the final "C" or "M" may be omitted.

b. Yield strength at 0.2% offset and elongation in 2 in [50 mm] gage length (or 1.4 in [36 mm] gage length for the 0.350 in [9.0 mm] tensile specimen recommended in A4.2 for the optional acceptance test using gas tungsten arc).

c. CO_2 = carbon dioxide shielding gas (AWS A5.32 Class SG-C). The use of CO_2 for classification purposes shall not be construed to preclude the use of Ar/CO_2 (AWS A5.32 Class SG-AC-Y) or Ar/O_2 (AWS A5.32 Class SG-AO-X) shielding gas mixtures. A filler metal tested with gas blends, such as Ar/O_2, or Ar/CO_2, may result in weld metal having higher strength and lower elongation. Testing with 100% argon shielding (AWS A5.32 Class SG-A) is required when classification testing is based on GTAW only (see A4.2 in Annex A).

d. Shielding gas shall be as agreed to between purchaser and supplier, unless designated by the C or M suffix.

Table 4
Impact Test Requirements (As Welded)

AWS Classification		Average Impact Strength[a,b] (Minimum)	
A5.18	A5.18M	A5.18	A5.18M
ER70S-2	ER48S-2	20 ft·lbf at –20°F	27 J at –30°C
ER70S-3	ER48S-3	20 ft·lbf at 0°F	27 J at –20°C
ER70S-4	ER48S-4	Not Required	Not Required
ER70S-6	ER48S-6	20 ft·lbf at –20°F	27 J at –30°C
ER70S-7	ER48S-7	20 ft·lbf at –20°F	27 J at –30°C
ER70S-G	ER48S-G	As agreed between supplier and purchaser	
E70C-G(X)	E48C-G(X)	As agreed between supplier and purchaser	
E70C-3X	E48C-3X	20 ft·lbf at 0°F	27 J at –20°C
E70C-6X	E48C-6X	20 ft·lbf at –20°F	27 J at –30°C
E70C-GS(X)	E48C-GS(X)	Not Required	Not Required

Notes:

a. Both the highest and lowest of the five test values obtained shall be disregarded in computing the impact strength. Two of the remaining three values shall equal or exceed 20 ft·lbf [27 J]; one of the three remaining values may be lower than 20 ft·lbf [27 J], but not lower than 15 ft·lbf [20 J]. The average of the three shall not be less than the 20 ft·lbf [27 J] specified.

b. For classifications with the "N" (nuclear) designation, three additional specimens shall be tested at room temperature. Two of the three shall equal, or exceed, 75 ft·lbf [100 J], and the third shall not be lower than 70 ft·lbf [95 J]. The average of the three shall equal, or exceed, 75 ft·lbf [100 J].

جدول ۱۰-۲-۹-۴ الکترودهای سازگار با فلز پایه

تنش تسلیم مصالح فلز پایه (F_y)	مقاومت نهایی کششی فلز الکترود (F_{ue})	نوع الکترود سازگار
تا ۳۰۰ MPa ,$t \leq$ ۱۵mm	۴۲۰ MPa	E۶۰ یا معادل آن
	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
تا ۳۰۰ MPa ,$t >$ ۱۵mm	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۰۰ MPa تا ۳۸۰ MPa	۴۹۰ MPa	E۷۰ یا معادل آن
از ۳۸۰ MPa تا ۴۶۰ MPa	۵۶۰ MPa	E۸۰ یا معادل آن

t = ضخامت فلز پایه

۱۱-۱-۵ اجزاء سازه‌ای

۱۱-۱-۵-۱ از نظر این مقررات، قطعات سازه‌های فولادی به شرح زیر می‌باشد:

پیچ‌های مهاری داخل بتن، صفحات کف ستون، ستون‌ها، تیرها، مهاربندها، خرپاها، لاپه‌ها، دستک‌ها، کلاف دیوارها، پیچ، مهره، پرچ و پین (موقت یا دائم) و اتصالات.

۱۱-۱-۵-۲ قطعات یا اعضا فلزی دیگری از قبیل صفحات مشبک کف، فلزات تزئینی یا یراق آلات و دودکش‌ها که در نقشه‌ها وجود دارند از نظر مقررات ملّی ساختمان جزئی از سازه فولادی محسوب نمی‌شود.

۱۰-۴-۴ ساخت قطعات فولادی

۱۰-۴-۴-۱ کلیات

کارفرما نقشه‌های محاسباتی فولادی را در اختیار پیمانکار قرار می‌دهد. پیمانکار موظف است براساس نقشه‌های مذکور ابتدا نقشه‌های اجرایی را تهیه و به‌تصویب طراح سازه برساند. کنترل مهندس طراح درحد انطباق با نقشه‌های محاسباتی و مشخصات فنی بوده و مسئولیت هندسهٔ برش‌ها و قطعات برعهدهٔ سازندهٔ اسکلت است.

نقشه‌های اجرایی باید کلیهٔ اطلاعات و جزییات لازم برای برش و ساخت قطعات اعم از ابعاد و اندازه‌ها، آماده‌سازی لبه‌ها برای جوشکاری، جزییات جوش و اندازهٔ پیچ‌ها و سوراخ‌های آنها را شامل شود.

نقشه‌های اجرایی، باید جوش‌های کارخانه‌ای را از جوش‌های کارگاهی متمایز کرده و نوع اتصال با پیچ‌ها (اتکایی یا اصطکاکی) و نیز حد سفت کردن آنها را به‌وضوح معین نموده باشد.

قبل از شروع به‌ساختن و نصب قطعات باید اندازه‌های مندرج در نقشه‌ها به‌منظور تطبیق کامل و جلوگیری از بروز هرگونه اشکال در موقع ساخت و نصب توسط پیمانکار به‌دقت کنترل گردد.

هر قطعه پس از آنکه با اندازه و شکل مشخص شده در نقشه‌ها ساخته شد، باید شماره و علامت‌گذاری شود.

برش، مونتاژ، جوشکاری و متصل کردن قطعات به‌یکدیگر باید در کارخانهٔ سرپوشیده و مجهز ساخت اسکلت‌های فولادی توسط استادکاران و کارگران ماهر و زیر نظر متخصص فن انجام گردد.

۱۰-۴-۴-۲ بریدن و سوراخ‌کردن

ابتدا قطعات باید به‌ابعاد و شکل‌های لازم به‌دقت بریده شده و در محل‌های لازم سوراخ گردند. برش ورق‌هایی که در ساختن قطعات فولادی مصرف می‌گردد باید توسط دستگاه برش شعلهٔ ریلی انجام گیرد. برای ورق‌ها با ضخامت مساوی یا کمتر از ۱۲ میلی‌متر، برش توسط دستگاه گیوتین مجاز می‌باشد.

در این حالت لبه‌ها باید کاملاً یکنواخت و خالی از ناهمواری‌های بیش از ۳ میلی‌متر باشد. ناهمواری‌ها و زخم‌های بیش از ۳ میلی‌متر را باید با سنگ زدن و در صورت لزوم تعمیرکاری توسط جوش، هموار کرد.

در نیمرخ‌های سنگین و قطعات ساخته‌شده با جوش به‌ضخامت بیش از ۴۰ میلی‌متر، باید قبل از برش گرمایی، پیش‌گرمایش تا دمای حداقل ۶۵ درجه سلسیوس انجام شود.

بـرش نیمرخ‌های فولادی (تیرآهن، ناودانی و نبشی) که برای ساخت مهاربندی‌ها، تیرها، ستون و اتصالات آنها مصرف می‌شوند، در صورت موافقت مهندس ناظر می‌تواند با اره یا برش دستی انجام گیرد. در هر صورت کلیهٔ ناصافی‌هایی که بر اثر برش به‌وجود می‌آید، باید با سنگ زدن برطرف شود.

۱۱-۱-۸-۱-۱ برشکاری می‌تواند با استفاده از برش حرارتی شعله گاز، اشعه لیزر یا برش سرد با قیچی یا اره صورت گیرد.

۱۱-۱-۸-۱-۲ برش با قیچی برای قطعاتی که بعداً با جوش به هم وصل می‌شوند، با رعایت شرایط زیر مجاز است:

- برای قطعات به ضخامت تا ۱۰ میلیمتر به شرط تمیزکاری سطح برش
- برای قطعات به ضخامت ۱۱ تا ۱۶ میلیمتر، فقط برای جوش‌های گوشه به شرط اینکه با سنگ زدن یا ماشین کاری به عمق حداقل ۲ میلیمتر و به طول حداقل ۲۰ میلیمتر از ابتدا و انتهای قسمتی که باید جوشکاری شود، برداشته شود.

۱۱-۱-۸-۱-۳ درصورتیکه استفاده از دستگاه برش ممکن نباشد، می‌توان از برش حرارتی دستی (شعله) استفاده نمود.

۱۱-۱-۸-۱-۴ لبه‌های ورق‌ها یا مقاطع بریده شده باید برای کنترل نامنظمی بازرسی شده ودر صورت لزوم سنگ‌زنی شوند.

۱۱-۱-۸-۱-۵ لبه‌هایی که بعداً جوشکاری می‌شوند، در صورت لزوم باید طبق نقشه پخ زده شوند.

۱۱-۱-۸-۱-۶ در محل وصله ستون‌ها که اتصال دو قطعه ستون بدون تماس مستقیم انجام می‌گیرد، رواداری برشکاری در اجزا ستون باید در نظر گرفته شود.

۱۱-۱-۸-۱-۷ در محل وصله ستون‌ها و اتصال ستون‌ها به صفحه زیرستونی که اتصال دو قطعه با تماس مستقیم انجام می‌شود، رواداری‌های برشکاری در اجزا ستون‌ها باید در نظر گرفته شود. در این موارد برای تأمین سطح تماس کامل، باید سطوح تماس ماشین کاری شوند.

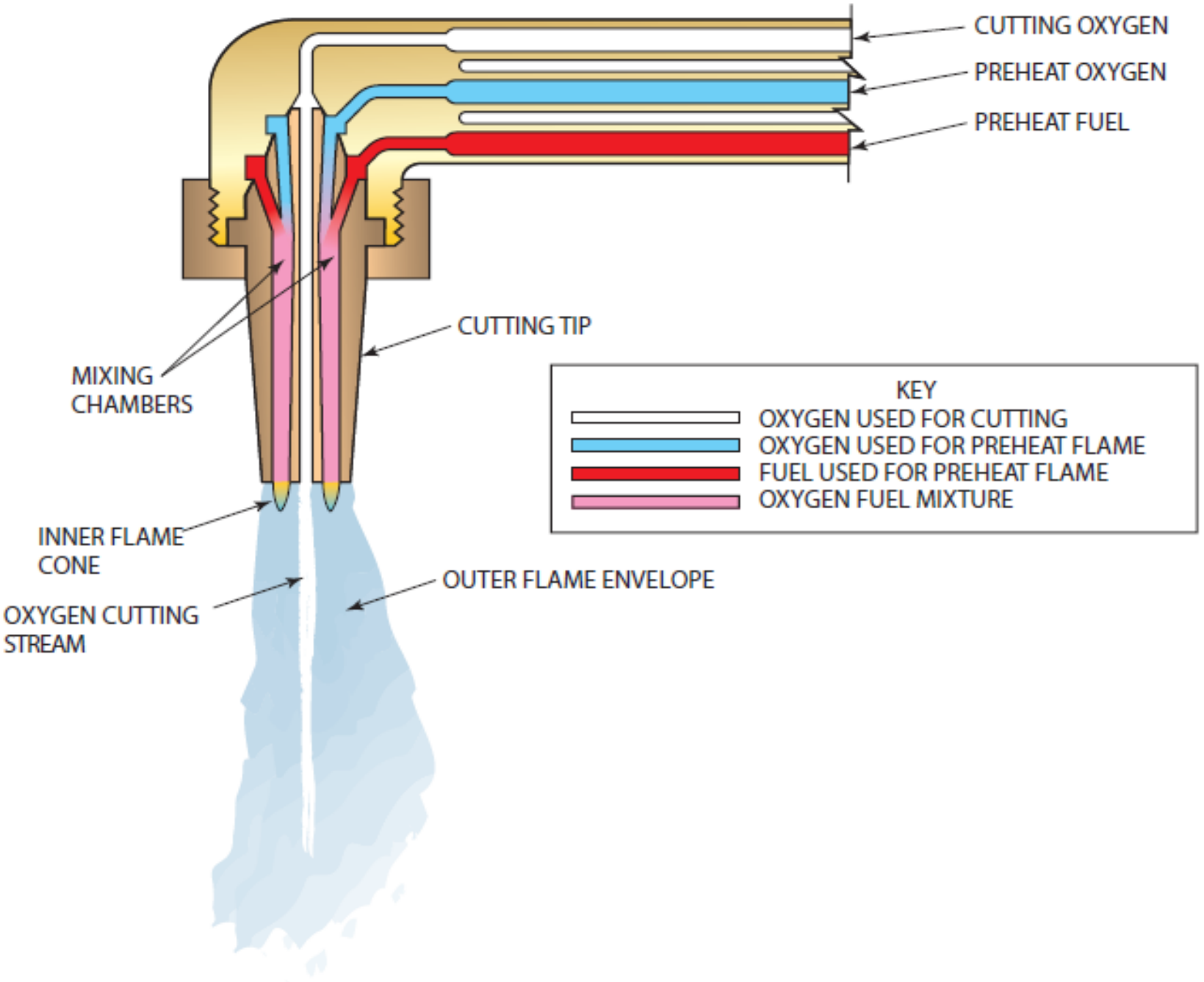


FIGURE 7-3 A mixing chamber located in the tip. © Cengage Learning 2012

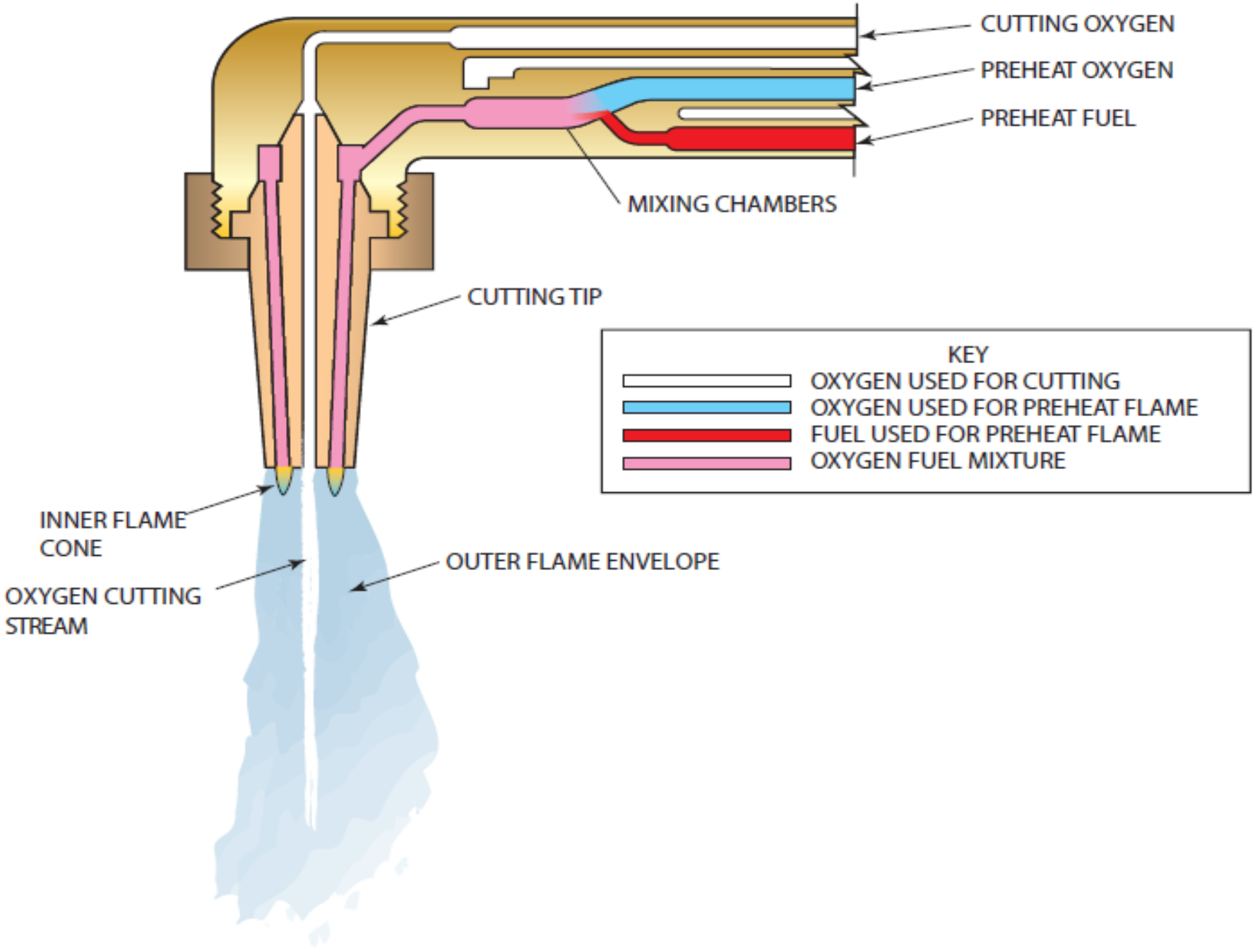


FIGURE 7-4 Injector mixing torch. © Cengage Learning 2012

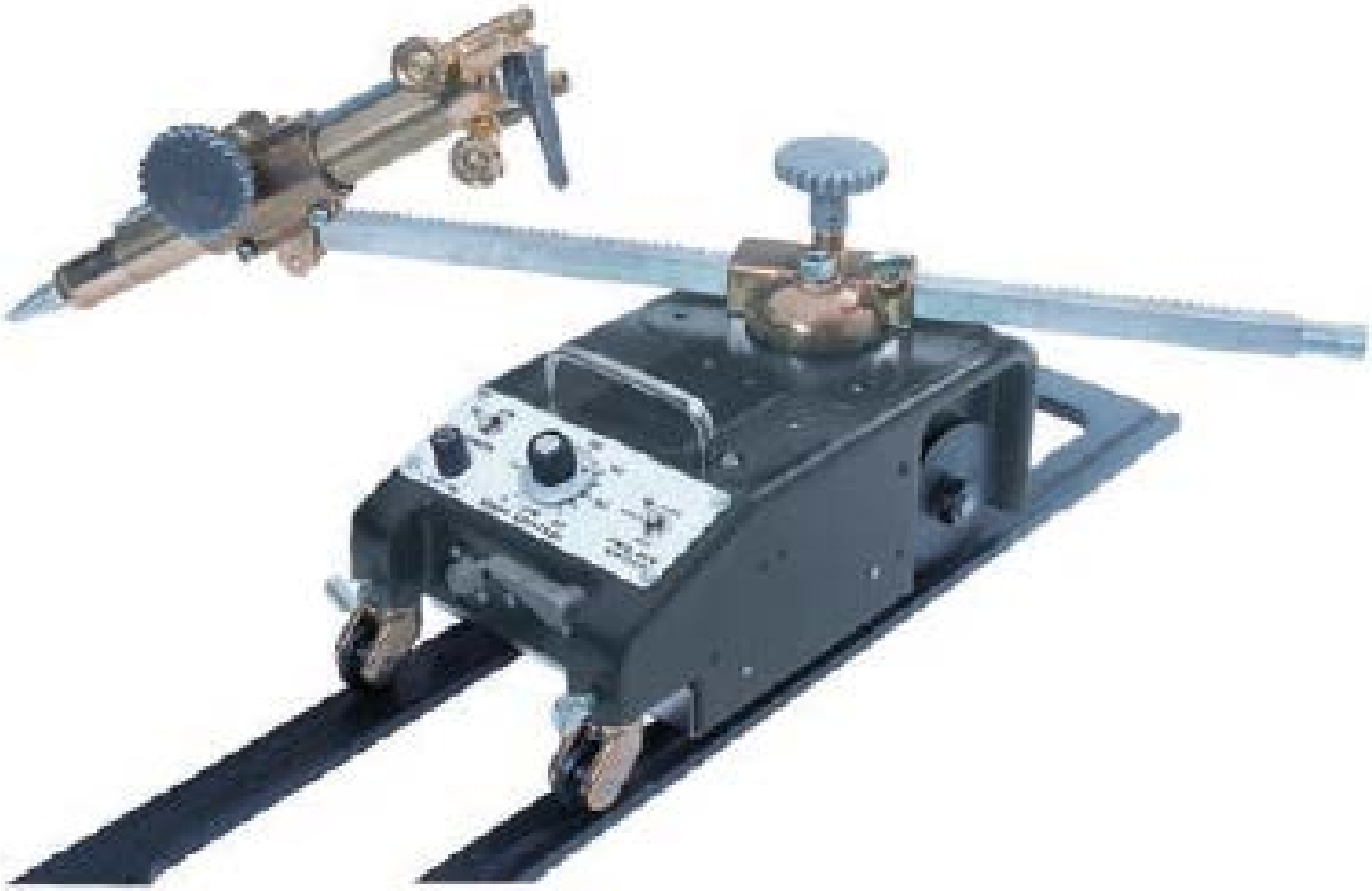


FIGURE 7-6 Portable flame-cutting machine.

Victor Equipment Company

FIGURE 7-7 Multiple head cutting machine.

ESAB Welding & Cutting Products

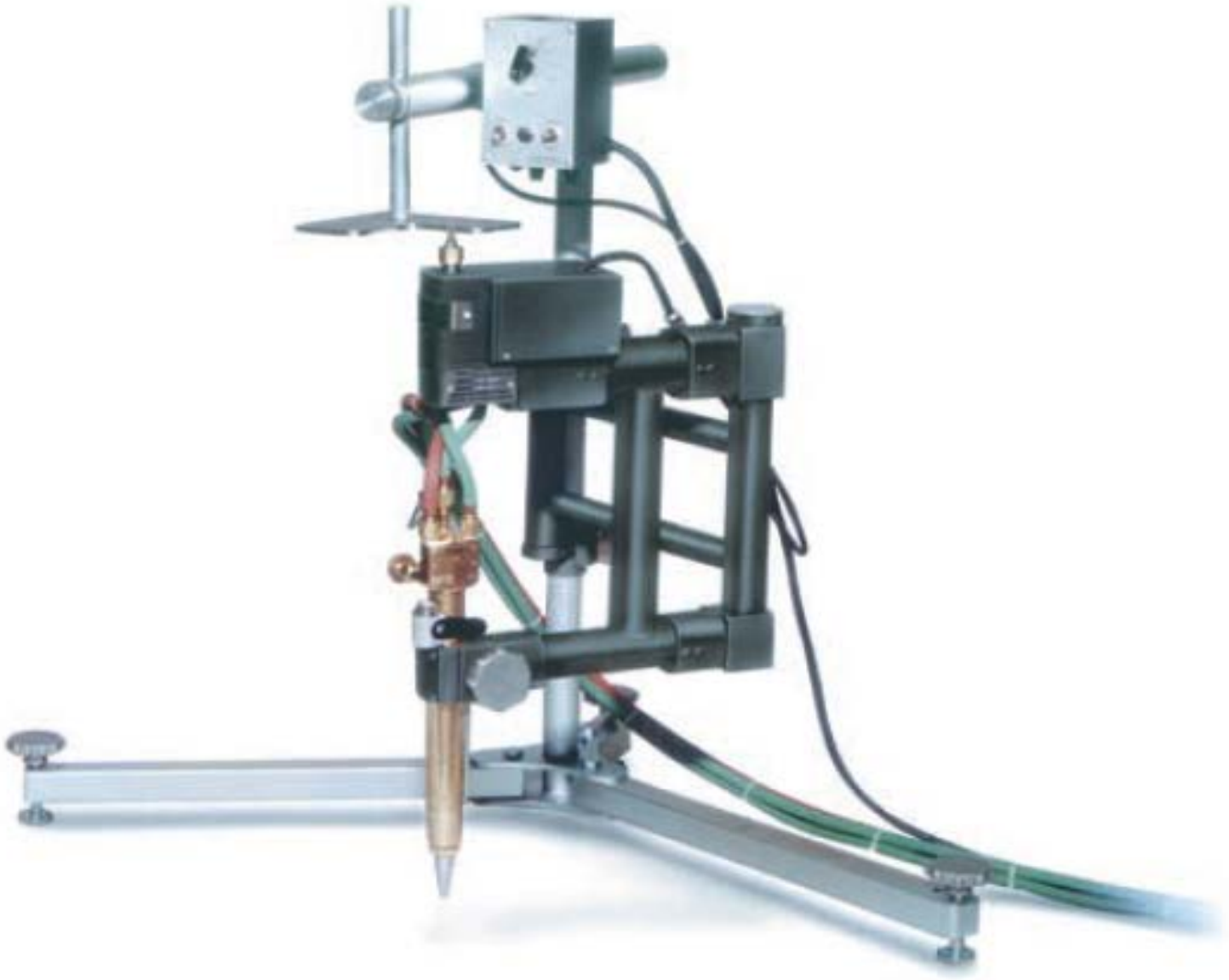


FIGURE 7-8 Portable cutting machine for highly complex shapes. ESAB Welding & Cutting Products

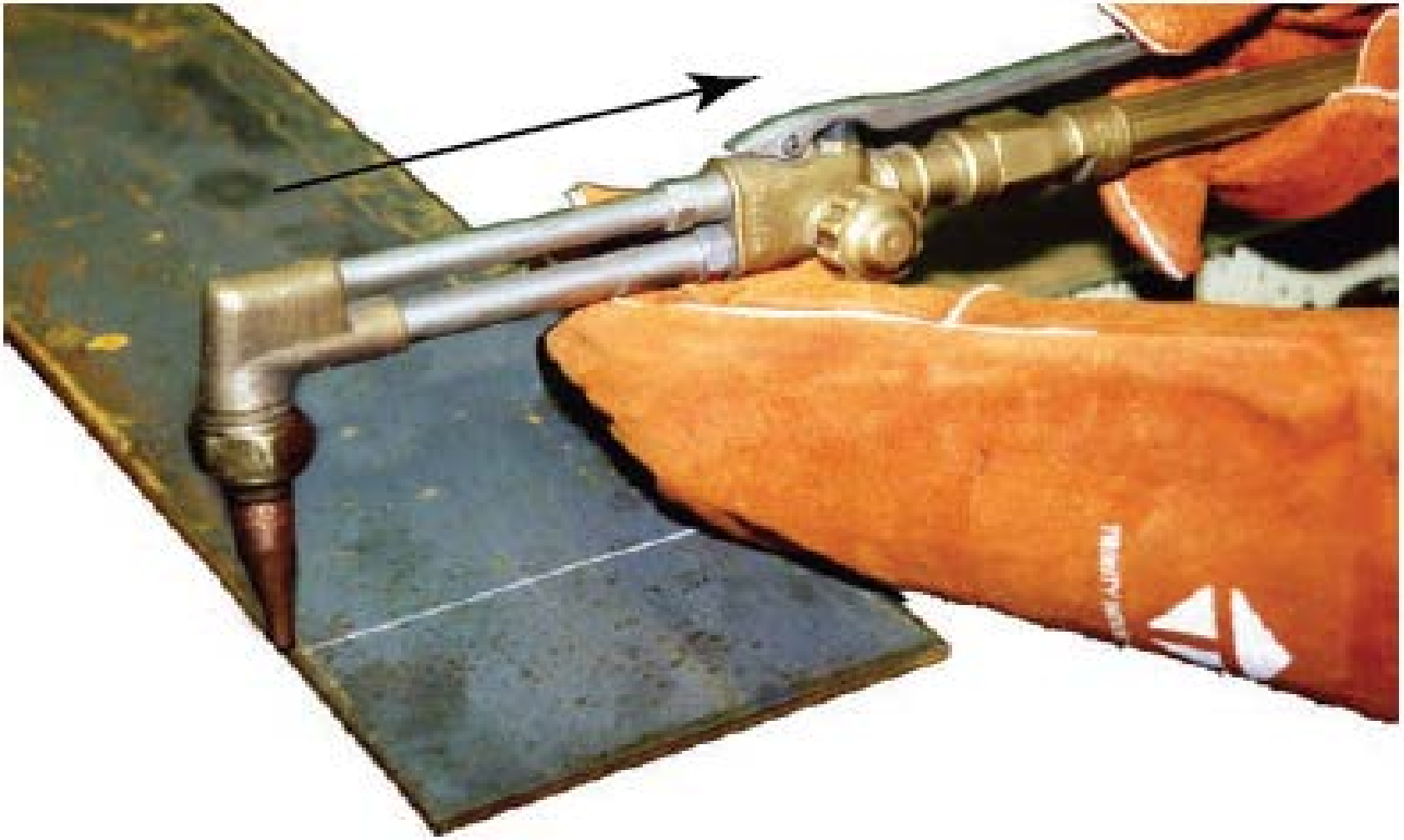
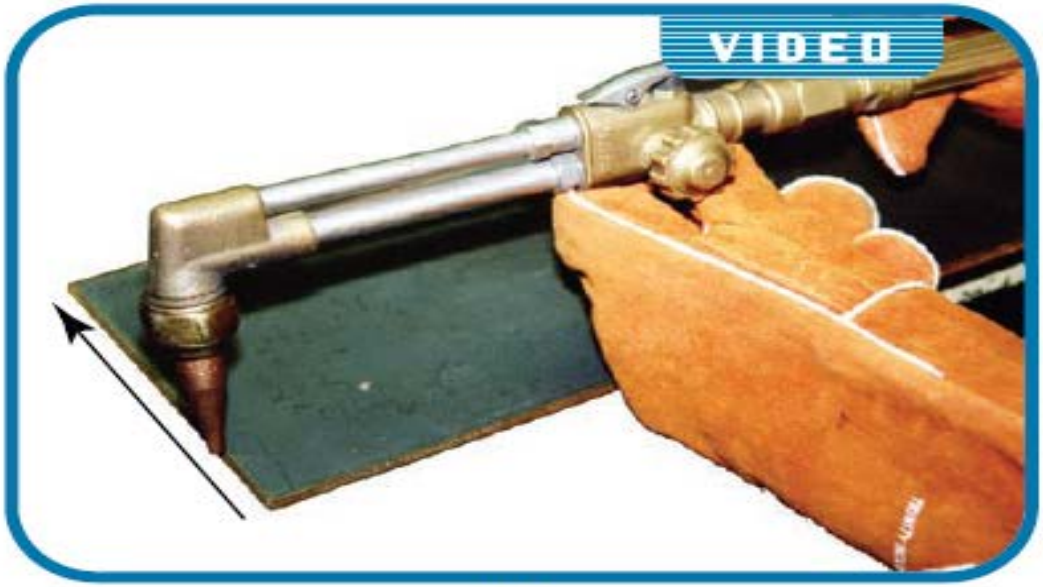
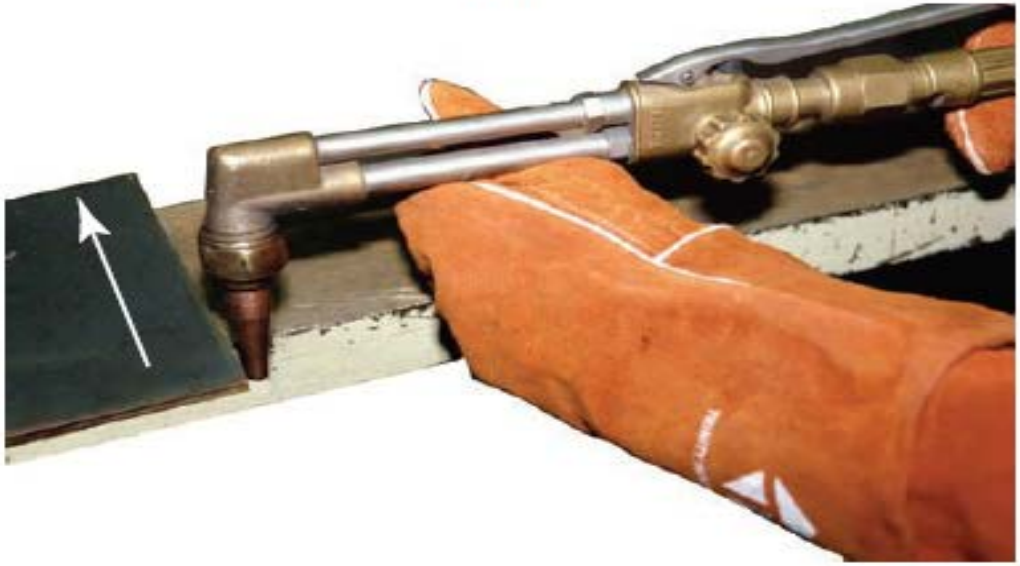


FIGURE 7-22 For short cuts, the torch can be drawn over the gloved hand. Larry Jeffus



(A)



(B)

FIGURE 7-23 For longer cuts, the torch can be moved by sliding your gloved hand along the plate parallel to the cut: (A) start and (B) finish. Always check for free and easy movement before lighting the torch. Larry Jeffus

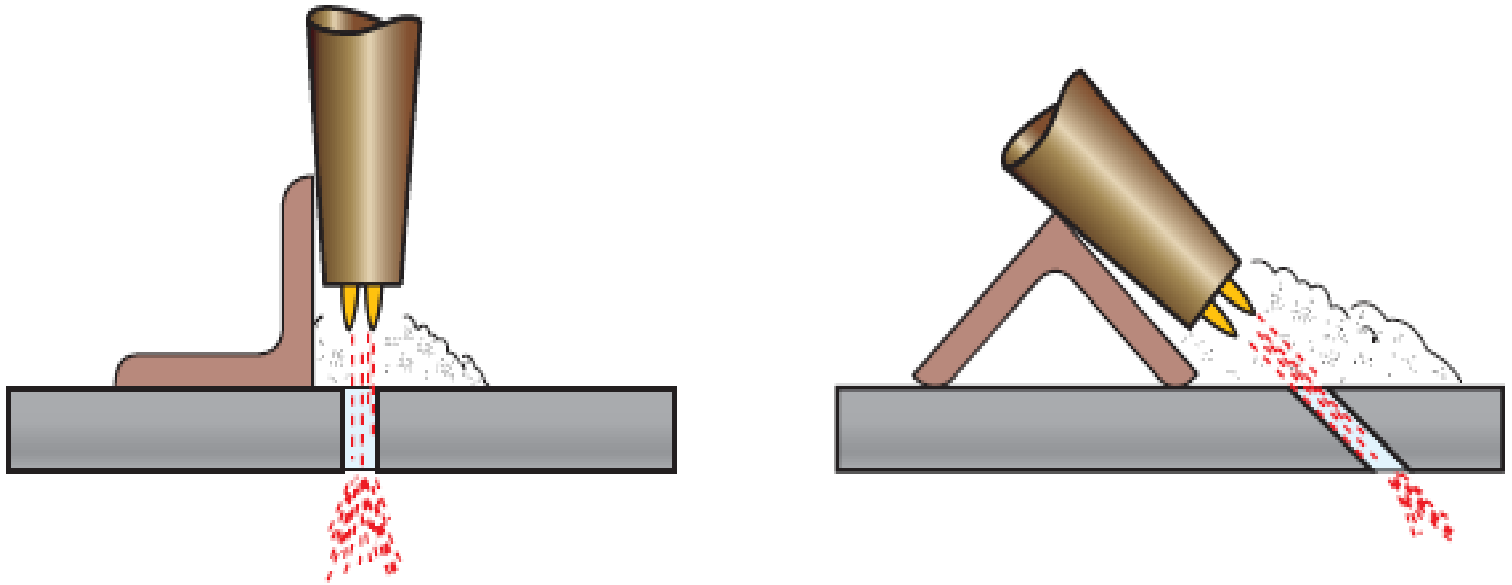


FIGURE 7-47 Using angle irons to aid in making cuts. © Cengage Learning 2012

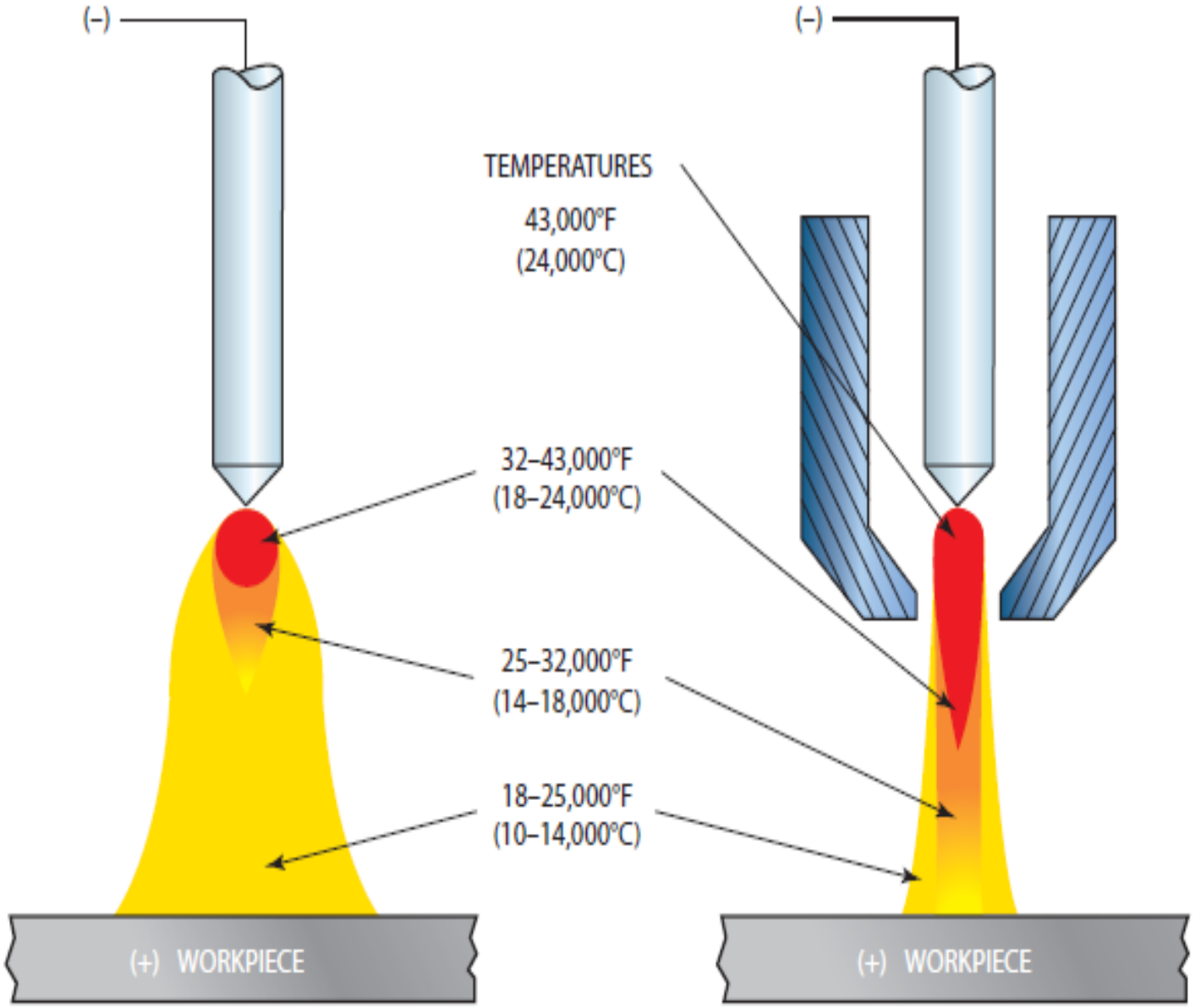
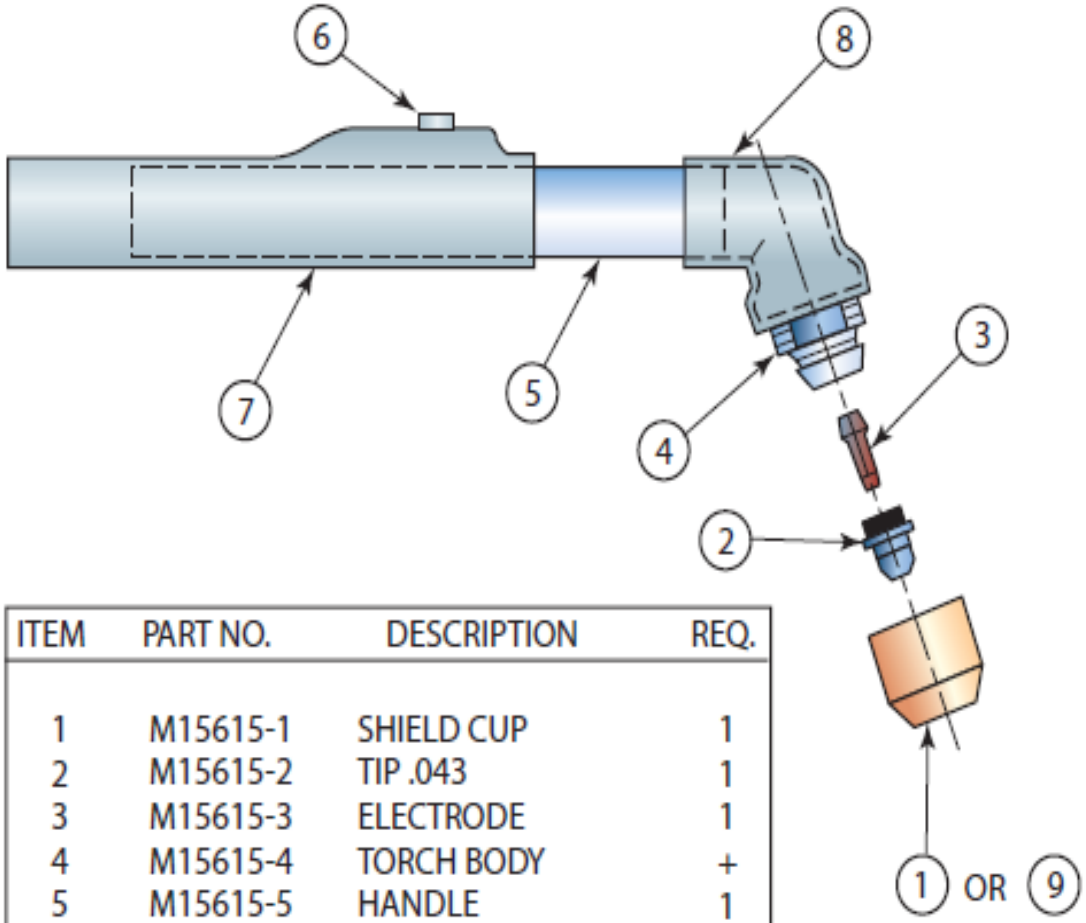
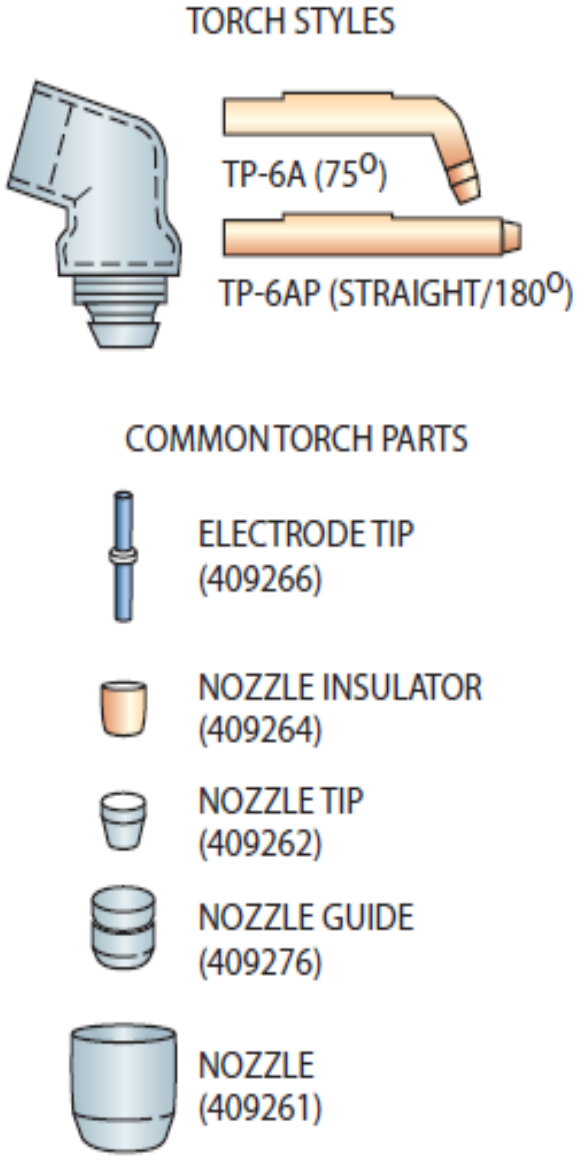


FIGURE 8-4 Approximate temperature differences between a standard arc and a plasma arc. American Welding Society



ITEM	PART NO.	DESCRIPTION	REQ.
1	M15615-1	SHIELD CUP	1
2	M15615-2	TIP .043	1
3	M15615-3	ELECTRODE	1
4	M15615-4	TORCH BODY	+
5	M15615-5	HANDLE	1
6	M15615-6	SWITCH	1
7	M15615-7	SWITCH SHEATH	1
8	M15615-8	TORCH HEAD BOOT	1
9	M15615-9	DRAG CUP	1

(A)



(B)

FIGURE 8-7 Replaceable torch parts. © Cengage Learning 2012

FIGURE 8-23 When the standoff distance is correct, as with this machine cut, almost no sparks bounce back on the cutting tip. ESAB Welding & Cutting Products

۱۱-۱-۸-۱-۸ اندازه سوراخ‌های لازم برای اتصال به وسیله پیچ و مهره باید با ضوابط مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان انطباق داشته باشد.

۱۱-۱-۸-۱-۹ سوراخ کاری برای پیچ یا پرچ فقط می‌تواند به وسیله مته یا منگنه انجام شود. سوراخکاری با منگنه فقط برای ورق‌های به ضخامت حداکثر ۱۲ میلیمتر مجاز است.

۱۱-۱-۸-۱-۱۰ لازم است در نقشه‌های محاسباتی، محل سوراخ هایی که فقط باید به وسیله مته ایجاد شوند، مشخص شود.

۱۱-۱-۸-۱-۱۱ محور تمام سوراخ‌ها برای پیچ‌ها یا پین‌ها باید به نحوی با یکدیگر منطبق باشند که بتوان وسائل اتصال را در جهت عمود بر وجوه تماس بدون اعمال نیروی زیاد از میان اعضای مونتاژ شده عبور داد. گذراندن میله تنظیم از سوراخ ها برای تأمین انطباق آنها مجاز است اما نباید منجر به تغییر شکل سوراخ‌ها شود.

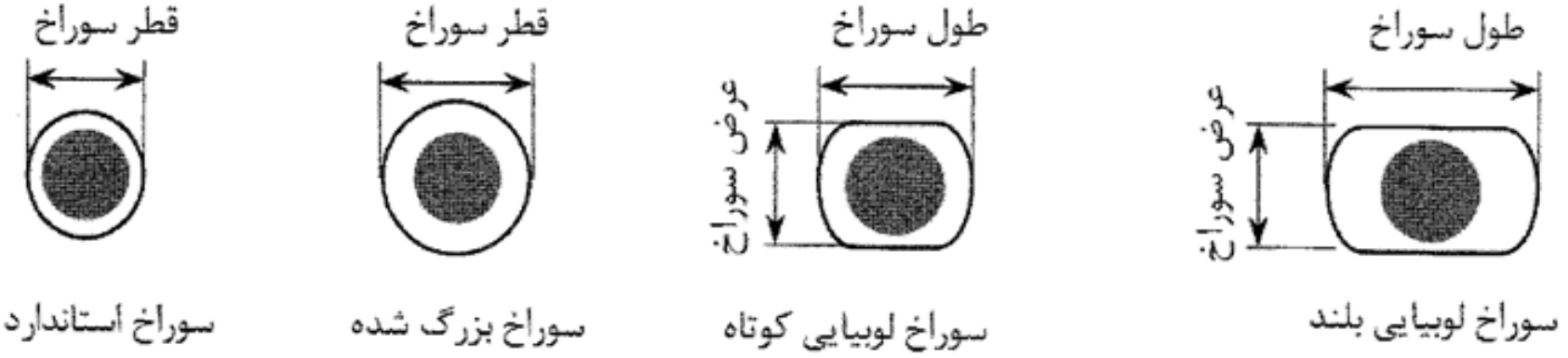
۱۱-۱-۸-۱-۱۲ مته‌کاری بر روی بیش از یک قطعه، هنگامی مجاز است که قطعات پیش از مته کردن، به طور محکم به یکدیگر بسته شده باشند. قطعات را باید پس از اتمام مته‌کاری از یکدیگر جدا کرد و هرگونه براده‌ای را تمیزنمود.

جدول ۱۰-۲-۹-۸ ابعاد اسمی سوراخ پیچ بر حسب میلی‌متر

قطر پیچ (mm)	ابعاد اسمی سوراخ (mm)			
	سوراخ استاندارد	سوراخ بزرگ‌شده	سوراخ لوبیایی کوتاه (طول×عرض)	سوراخ لوبیایی بلند (طول×عرض)
M۱۶	۱۸	۲۰	۱۸×۲۲	۱۸×۴۰
M۲۰	۲۲	۲۴	۲۲×۲۶	۲۲×۵۰
M۲۲	۲۴	۲۸	۲۴×۳۰	۲۴×۵۵
M۲۴	۲۷	۳۰	۲۷×۳۲	۲۷×۶۰
M۲۷	۳۰	۳۵	۳۰×۳۷	۳۰×۶۷
M۳۰	۳۳	۳۸	۳۳×۴۰	۳۳×۷۵
≥M۳۶	d+۳	d+۸	(d+۳) × (d+۱۰)	(d+۳)×۲/۵ d

پ) حداقل فواصل سوراخ پیچ‌ها در اتصالات پیچی

فاصله مرکز تا مرکز سوراخ‌های استاندارد، سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبیایی نباید از ۳ برابر قطر وسیلهٔ اتصال کمتر باشد.



شکل ۱۰-۲-۹-۱۰ انواع سوراخ پیچ‌ها در اتصالات پیچی

ت) حداقل فاصله سوراخ‌ها تا لبه در اتصالات پیچی

فاصلهٔ مرکز سوراخ‌های استاندارد تا لبهٔ قطعهٔ متصل شونده نباید از مقادیر داده شده در جدول ۱۰-۲-۹-۸ کمتر باشد. برای سوراخ‌های بزرگ‌شده و سوراخ‌های لوبیایی فاصلهٔ مرکز سوراخ تا لبه نباید از آنچه که برای سوراخ استاندارد تعیین شده به اضافه مقدار C مربوطه از جدول ۱۰-۲-۹-۹ کمتر شود.

جدول ۱۰-۲-۹-۸ حداقل فاصلهٔ مرکز سوراخ استاندارد تا لبه در هر راستا

لبهٔ بریده شده با قیچی (گیوتین)	لبهٔ نورد شدهٔ ورق- نیمرخ، تسمه و نیز لبه بریده‌شده با شعله اتوماتیک یا اره
۲d	۱/۷۵d

d = قطر اسمی پیچ

جدول ۱۰-۲-۹-۹ مقادیر افزایش حداقل فاصلهٔ سوراخ تا لبه (C)

سوراخ بزرگ‌شده (mm)	سوراخ لوبیایی (mm)		
	عمود بر امتداد لبه		موازی با لبه
	لوبیایی کوتاه	لوبیایی بلند	
۳ mm	۵ mm	۰/۷۵ d	۰

MagForce
SAFETY INSTRUCTIONS
• Read and follow operators manual thoroughly. If you can not locate your operators manual call Jancy Engineering at 563-391-1300 for a FREE copy.
• Always stop machine completely and disconnect from power source before changing cutters, performing adjustments, or servicing.
• Do not use altered, dull or broken cutters.
• Never wear loose clothing or gloves when working near cutting area or machine arbor.
• Always use provided safety strap and chip shield.
• Use proper tooling, keep cutters securely fastened.
• Magnet will not hold properly on thin materials, rough and / or dirty surfaces, keep bottom of magnet free of chips and debris.
• Keep all safety features functioning and working properly.
• Use only authorized service centers for repairs.

HHM-80

PUNCHER

۱۱-۱-۸-۱-۱۳ ایجاد سوراخ منگنه‌ای با قطر کامل هنگامی مجاز است که:

الف) قطر سوراخ از ضخامت ورق کوچکتر نباشد.

ب) سوراخ‌ها عاری از زخمه‌هایی باشند که از تماس کامل قطعات جلوگیری کنند.

پ) در سوراخ‌های منطبق بر هم که بر روی قطعات روی هم ایجاد می‌شوند، باید منگنه‌کاری در یک جهت باشد.

۱۱-۱-۸-۱-۱۴ منگنه کردن و گشاد کردن سوراخ در صورتی مجاز است که قطر سوراخ منگنه‌ای حداقل ۲ میلیمتر کوچکتر از قطر کامل سوراخ باشد و سوراخ منگنه‌ای پس از سوار شدن قطعات، تا رسیدن به قطر نهایی به وسیله برقو گشاد شود.

۱۱-۱-۸-۱-۱۵ سوراخ‌های لوبیایی را می‌توان به یکی از روش‌های زیر ایجاد کرد:

الف) منگنه‌زنی در یک مرحله

ب) مته کردن یا منگنه کردن دو یا چند سوراخ در طرفین و صاف کردن لبه سوراخ

پ) برش‌های ماشینی

سوراخ‌های نهایی ورق‌ها باید به‌کمک متهٔ دوار انجام پذیرد. برای سوراخ‌های با قطر زیاد می‌توان ابتدا با قطر کوچکتر سوراخی توسط منگنه ایجاد نمود و بعد با مته سوراخ را به قطر دلخواه رساند. قطعاتی که با پیچ به‌هم متصل می‌گردند در صورت امکان باید همه به‌هم خال‌جوش شده و با هم سوراخ‌کاری شوند.

به‌کارگیری روش‌های گرم کردن موضعی و یا تغییرشکل مکانیکی برای ایجاد انحنا یا راست کردن قطعات با تأیید مهندس ناظر مجاز می‌باشد، ولی دمای موضع گرم شده نباید از ۶۵۰ درجه سلسیوس برای فولاد معمولی و ۵۶۵ درجهٔ سلسیوس برای فولاد پرمقاومت و آلیاژی بیشتر شود. این دما باید به‌کمک گچ‌های رنگی مخصوص که در دمای حدود ۶۰۰ درجه سلسیوس تغییر رنگ می‌دهند، مورد کنترل قرار گیرد.

۱۰-۴-۴-۳ ساخت و آماده کردن قطعات قبل از مونتاژ

قطعات فولادی باید طوری ساخته شوند که هیچ نوع تغییرشکلی غیر از آنچه در نقشه مشخص شده در آنها به‌وجود نیاید. انحنا و تغییرشکل‌هایی که طبق نقشه و یا دستور مهندس ناظر لازم باشد، هنگام ساختن قطعات ایجاد می‌شود.

پخ‌زنی و آماده کردن لبهٔ قطعات برای جوشکاری باید هنگام برش شعله، با زاویه دادن به‌سر مشعل یا با سنگ‌زنی‌های بعدی انجام پذیرد. استفاده از دستگاه‌های پخ‌زن ضربه‌ای برای قطعات و ورق‌های با ضخامت بیش از ۱۲ میلی‌متر مجاز نمی‌باشد. پخ‌زنی و آماده کردن لبه‌ها باید مطابق جزییات اجرایی درزهای پیش‌پذیرفته بوده و قبلاً به‌تأیید مهندس ناظر رسیده باشد.

۱۱-۱-۸-۱-۱۶ برای ساخت انبوه قطعات، باید یک الگو ساخته شود که این الگو شامل یک میز کار و قیدهای مخصوص است تا کلیه ابعاد و اندازه‌های قطعه را دربرگرفته و تثبیت کند.

۱۱-۱-۸-۱-۱۷ در ساخت الگو باید کلیه پیش‌بینی‌های لازم از جمله ایجاد خیز اولیه، کشیدگی و اعوجاجات ناشی از جوشکاری و سایر عواملی که در شکل و اندازه‌های نهایی قطعه موثر هستند، در نظر گرفته شود.

۱۱-۱-۸-۱-۱۸ پس از اطمینان از ابعاد قطعه باید کلیه اجزا به وسیله خال جوش یا پیچ‌های موقت به هم متصل شوند.

۱۱-۱-۸-۱-۱۹ در مواردی که دو یا چند عضو تشکیل یک مجموعه را می‌دهند، نظیر تیرها و ستون‌هایی که یک قاب را تشکیل می‌دهند، پیش مونتاژ یک مجموعه کامل برای اطمینان از درستی ابعاد کل مجموعه ضروری است. گونیا بودن قطعات متعامد و انحراف کل مجموعه باید کنترل و اندازه‌گیری شوند.

۱۰-۴-۴-۴ اتصال با جوش

برای برقراری اتصالات جوشی رعایت مشخصات مندرج در آیین‌نامهٔ جوشکاری ساختمانی* لازم است. علاوه بر مفاد آیین‌نامهٔ مذکور، رعایت موارد زیر لازم می‌باشد.

الف) پیمانکار باید برای انواع جوش‌ها قبل از شروع جوشکاری، نوع الکترود مصرفی و قطر آن، شدت جریان و ولتاژ، تعداد پاس‌ها، نحوهٔ آماده‌سازی لبه‌ها و تمام اطلاعات اجرایی دیگر را توسط مهندس یا کاردان ارشد جوشکاری بر روی برگه‌های «دستورالعمل جوشکاری ـ WPS» ثبت نموده و در تمام مدت جوشکاری در اختیار جوشکار، سرپرست کارگاه جوشکاری و ناظرین قرار دهد. برگه‌های «دستورالعمل جوشکاری» باید قبلاً به‌تأیید مهندس ناظر رسیده باشند.

ب) جوشکاری باید طبق نقشه‌ها و مدارک فنی، توسط جوشکاران ماهر ارزیابی شده انجام گردد و چنانچه مهندس ناظر لازم بداند باید جوشکاران دارای گواهینامهٔ جوشکاری از وزارت تعاون، کار و رفاه اجتماعی یا مراجع ذیصلاح دیگر بوده و یا قبل از انجام کار توسط مهندس ناظر آزمایش لازم از آنها به‌عمل آید.

پ) قبل از جوشکاری باید سطوح مورد نظر از مواد زاید (گرد و خاک، زنگ‌زدگی، رنگ و غیره) کاملاً پاک شود.

۱۱-۱-۸-۱-۲۳ روش انجام جوشکاری شامل مواردی مانند قطر و نوع الکترود، تعداد پاس‌های جوشکاری، ولتاژ، شدت جریان و پیش گرمایش باید توسط سازنده و یا نصاب سازه با توجه به مندرجات آئین‌نامه جوشکاری تهیه و به تأیید ناظر برسد. استفاده از روش‌های جوشکاری پیش تأیید شده یا غیر آن بستگی به شرایط کار و نظر ناظر دارد و برای تأیید روش‌های جوشکاری پیشنهادی بدون تأیید قبلی، باید از آئین‌نامه جوشکاری پیروی نمود.

۱۱-۱-۸-۱-۲۴ هرگاه تغییری در شرایط روش انجام جوشکاری مانند کاهش یا افزایش قطر الکترود، تعداد پاس‌ها، ولتاژ و شدت جریان نسبت به حدود مندرج در آئین‌نامه جوشکاری ضروری باشد، باید شرایط جدید انجام جوشکاری را مطابق آئین‌نامه جوشکاری مورد بررسی و تأیید قرار داد. تأیید کتبی ناظر در این مورد ضروری است.

ت) جوشکاری به‌طور کلی در دمای محیط جوشکاری زیر صفر درجه سلسیوس خصوصاً در جریان باد ممنوع است. در صورتی‌که جریان هوا یکنواخت و ثابت بوده و بتوان محیط جوشکاری را به‌شعاع حداقل ۱۰۰ میلی‌متر با وسایل مناسب به‌نحوی گرم کرد که با دست کاملاً محسوس باشد و محیط جوشکاری حفاظت گردد، جوشکاری بلامانع است.

۱۱-۱-۸-۱-۳۵ در هنگام بارندگی یا مه غلیظ که سطح کار مرطوب است یا وقتی که کار در معرض وزش باد شدید قرار می‌گیرد، باید عملیات جوشکاری متوقف شود، مگر اینکه کار و جوشکار به نحو مناسبی حفاظت شوند.

۱۱-۱-۸-۱-۳۶ درصورتیکه دمای سطح کار از $-۱۵^{o}C$ کمتر شود، باید جوشکاری متوقف شود.

ح) بین قطعاتی که مستقیماً به‌طریق جوش گوشه به‌هم جوش می‌شوند نباید درزی بیش از ۲ میلی‌متر موجود باشد.

۱۱-۱-۸-۱-۲۵ جفت کردن لبه قطعات در محل درز جوش باید با دقت صورت گیرد. فاصله لازم بین لبه‌های قطعات و رواداری این فاصله برای انواع جوش‌ها در آئین‌نامه جوشکاری ذکر شده است که باید از آن پیروی شود. در اتصال لب به لب، هم بری قطعات نسبت به یکدیگر واجد اهمیت است که بایدرواداری‌های مذکور درآئین‌نامه جوشکاری مورد توجه قرار گیرند.

۱۱-۱-۸-۱-۲۶ پس از جفت کردن و تنظیم قطعات، باید آنها را به کمک پیچ، گیره،گوه، زنجیر، دستک و سایر ابزارهای مناسب در جای خود تثبیت نمود. همواره بهتر است که از قید و بست‌های مطابق الگوی ساخت نیز استفاده شود. وسایل تثبیت کننده باید تا تکمیل جوشکاری در جای خود باقی بمانند. این وسایل در ترکیب با روش جوشکاری مناسب باید قادر باشند از تولید انحرافات بیش از حدود مقرر در بخش رواداری ساخت، جلوگیری نمایند.

خ) ترتیب عملیات جوشکاری باید به‌نحوی انجام گیرد که قطعات مربوطه از شکل اصلی خارج نشده و از تاب برداشتن و اعوجاج بیشتر از حد رواداری‌های بند ۱۰-۴-۶ بیشتر نگردد.

۱۱-۱-۸-۱-۲۷ سازنده باید ترتیب جوشکاری هر عضو و برنامه کنترل تغییر شکل آن را تهیه و به اطلاع و تأیید ناظر برساند. این امر به منظور جلوگیری از بروز اعوجاج، تغییر شکل و کشیدگی منجر به عدم کفایت عضو صورت می‌گیرد.

۱۱-۱-۸-۱-۲۸ درصورتیکه در نقشه‌های ساخت و یا مشخصات فنی مقرر شده باشد، قطعات جوش شده باید به کمک حرارت، تنش‌زدایی گردند. هرگونه پرداخت و ماشین کاری بهتر است بعد از تنش‌زدایی انجام شود. جزئیات فرآیند تنش‌زدایی حرارتی در آئین‌نامه جوشکاری ارائه شده است.

۱۱-۱-۸-۱-۲۹ پیشروی کلی جوشکاری یک عضو باید از نقاطی که قطعات نسبت به یکدیگر تقریباً ثابت هستند به سمت نقاطی که از آزادی حرکت نسبی بیشتری برخوردارند، صورت گیرد.

۱۱-۱-۸-۱-۳۰ در هنگام سوار کردن هر قطعه، ابتدا اتصالاتی که بیشترین انقباض را ایجاد می‌کنند باید جوشکاری شوند، سپس اتصالاتی که انقباض موضعی آنها کمتر است، اجرا شوند.

۱۱-۱-۸-۱-۳۱ هنگامی که یک عضو از تعدادی قطعه کوچکتر که با جوش به یکدیگر متصل می‌شوند، ساخته شود، باید کلیه جوشکاری‌های قطعات متشکله را پیش از سوار کردن آنها انجام داد.

۱۱-۱-۸-۱-۳۲ انواع الکترود مصرفی باید با مشخصات مکانیکی و شیمیایی فلز و نیز با خصوصیات جوش مورد نظر سازگار باشد به طوری که درز جوش به نحو مطلوب پر شود و مقاومت لازم برای اتصال بدست آید. برای انتخاب الکترود مناسب باید از آئین‌نامه جوشکاری پیروی شود.

۱۱-۱-۸-۱-۳۳ قطر الکترود مورد استفاده تابع عواملی مانند نوع و وضعیت جوش، نوع درز، ضخامت ورق‌های مورد اتصال و مهارت جوشکار است. در آئین‌نامه جوشکاری برای قطر الکترود مقادیر حداقل و حداکثر بیان شده است که باید رعایت شود.

۱۱-۱-۸-۱-۳۴ پیش‌گرمایش و حفظ دمای کافی مابین پاس‌های جوشکاری برای جلوگیری از ترک‌خوردگی جوش بسیار مؤثر و ضروری است. دمای لازم جوش به رده فولاد مبنا، فرآیند جوش و ضخامت ضخیم‌ترین قطعه جوش‌شونده ارتباط دارد که در آئین‌نامه جوشکاری به تفصیل آمده است و باید رعایت شود.

۱۰-۲-۹-۲-۷ فلز جوش مختلط

هرگاه طاقت نمونه زخم‌دار به عنوان شرطی برای مصالح جوش تعیین شده باشد، مصالح و روش جوشکاری برای فلز تمام جوش‌ها اعم از خال جوش، عبور جوش در عمق و ریشه اتصال یا عبورهای بعدی که جوش تکمیلی را در اتصال ایجاد می‌کند، باید سازگاری لازم را داشته باشد تا طاقت نمونه زخم‌دار برای فلز جوش مختلط محرز شود.

۱۰-۲-۹-۲-۸ پیش گرمایش فولادهای ساختمانی

برای نیمرخ‌های نورد شدهٔ سنگین و قطعات ساخته‌شده با جوش، باید قبل از انجام جوش، پیش گرمایش تا دمای لازم صورت گیرد. حداقل دمای پیش گرمایش مطابق جدول ۱۰-۲-۹-۵ می‌باشد.

جدول ۱۰-۲-۹-۵ حداقل دمای پیش گرمایش

ضخامت (mm)	دمای پیش گرمایش در فرآیند غیر کم هیدروژن (درجه سلسیوس)	دمای پیش گرمایش در فرآیند کم هیدروژن (درجه سلسیوس)
$t \leq ۲۰$	*۲۰	*۱۰
$۲۰ < t \leq ۴۰$	۶۵	*۲۰
$۴۰ < t \leq ۶۵$	۱۱۰	۶۵
$t > ۶۵$	۱۵۰	۱۱۰

** این دما در حد لمس‌کردن ورق قابل حس است و در سایر موارد باید از روش‌های دماسنجی سطحی (مثلاً گچ‌های حساس به دما) استفاده شود.*

۱۱-۱-۸-۱-۳۷ پس از پایان هر پاس و هر خط جوش باید روباره موجود به کمک چکش مخصوص کنده شده و سطح جوش برس زده و تمیز شود.

۱۱-۱-۸-۱-۳۸ از مصرف الکترودهای مرطوب باید پرهیز شود. این امر در مورد الکترودهای کم هیدروژن بسیار مهم‌تر است و روش‌های ویژه‌ای برای خشک کردن این الکترودها در آئین‌نامه جوشکاری آمده است که باید به آنها رجوع شود.

۱۱-۱-۸-۱-۳۹ خال‌جوش‌ها باید از همان کیفیت جوش‌های اصلی برخوردار باشند. نوع الکترود خال‌جوش‌های و جوش‌ها اصلی باید همانند باشد.

۱۱-۱-۸-۱-۴۰ در مورد خال‌جوش‌هایی که با یک پاس جوشکاری می‌شوند و در جریان جوشکاری اصلی مجدداً ذوب شده و در جوش اصلی غرق می‌شوند، پیش‌گرمایش ضروری نیست.

۱۱-۱-۸-۱-۴۱ خال‌جوش‌هایی که در جوش اصلی غرق نمی‌شوند، بسته به نظر ناظر می‌توانند دست نخورده بمانند و یا حذف شوند.

۱۱-۱-۸-۱-۴۲ سطح مقطع جوش باید از لحاظ رواداری‌های هندسی با شرایط مندرج در آئین‌نامه جوشکاری تطبیق داشته باشد.

۱۱-۱-۸-۱-۴۳ صلاحیت جوشکاران و کاربران دستگاههای جوشکاری باید بر طبق مندرجات آئین‌نامه جوشکاری تأیید شود.

۱۱-۱-۸-۱-۴۴ تمامی جوش‌ها باید پس از پایان جوشکاری، مورد بازدید چشمی مطابق با مبحث دهم مقررات ملّی قرار گیرند.

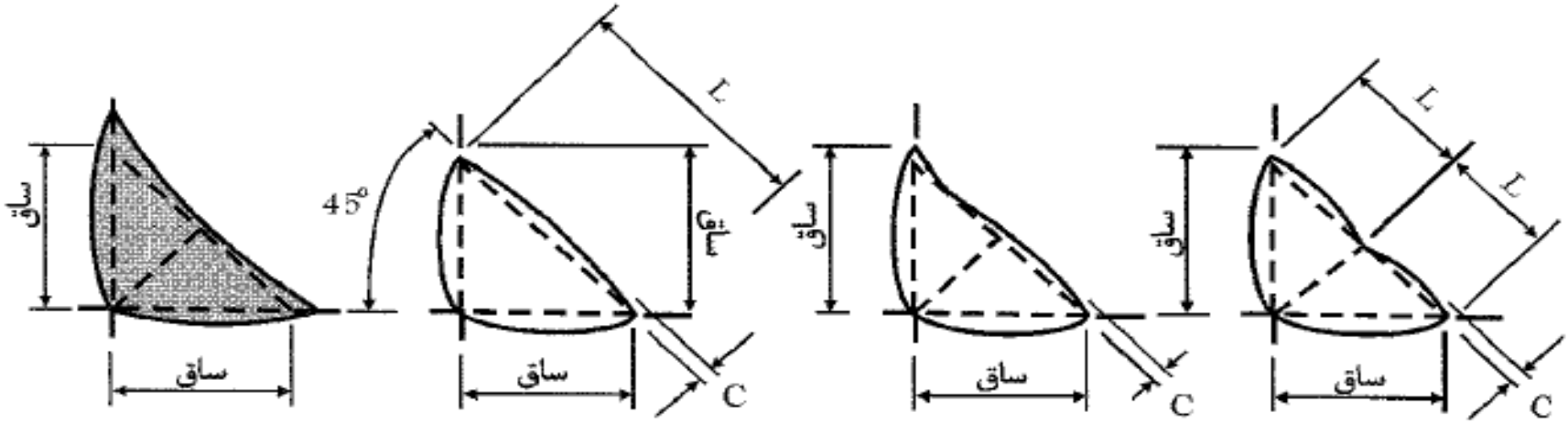
۱۱-۱-۸-۱-۴۵ بر اساس نوع جوش بکار رفته در هر پروژه و صلاحدید مهندس ناظر باید آزمایشهای غیر مخرب مطابق ضوابط مبحث دهم مقررات ملّی ساختمان انجام گیرد.

د) بر روی تمام جوش‌ها باید آزمایش‌های کنترل کیفیت چشمی توسط بازرس جوش انجام و نتیجهٔ این آزمایش‌ها به مهندس ناظر و کارفرما گزارش شود. در جدول ۱۰-۴-۱ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش ارایه شده است. نتیجه تمام این آزمون‌ها باید در پرونده‌های مخصوص ثبت شده و در اختیار مهندس ناظر قرار گیرند. تفسیر مهندس ناظر از نتایج آزمایش قطعی محسوب می‌گردد.

مهندس ناظر می‌تواند مستقیماً آزمایش‌های کنترل کیفیت بر روی قطعات انجام داده و یا دستور تکرار و تجدید آزمایش‌های لازم توسط پیمانکار را بنماید.

ساق جوش را پای جوش نیز گویند.

اندازه جوش همان اندازه ساق می باشد.

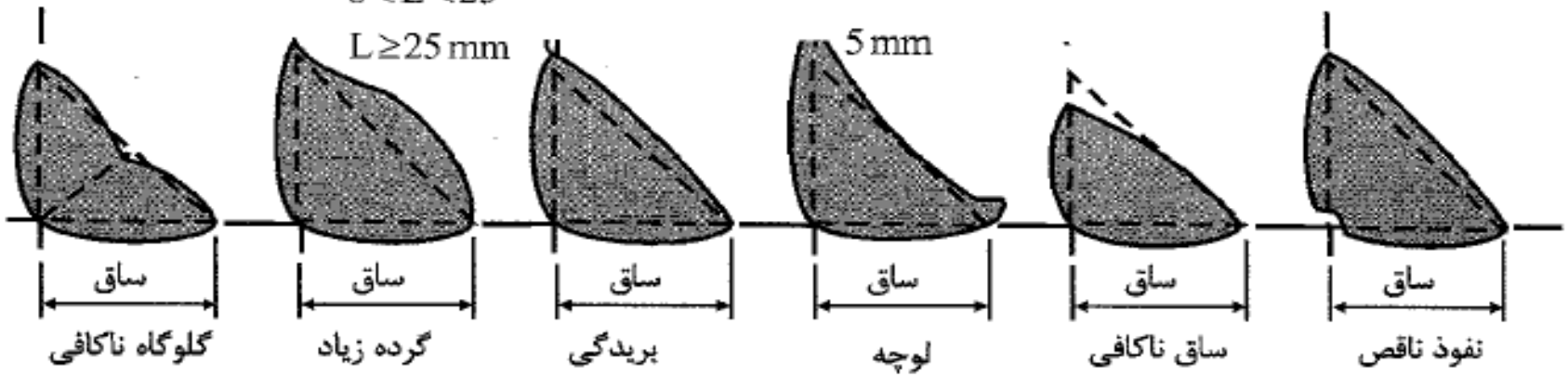


(ب) مقاطع قابل پذیرش جوش گوشه

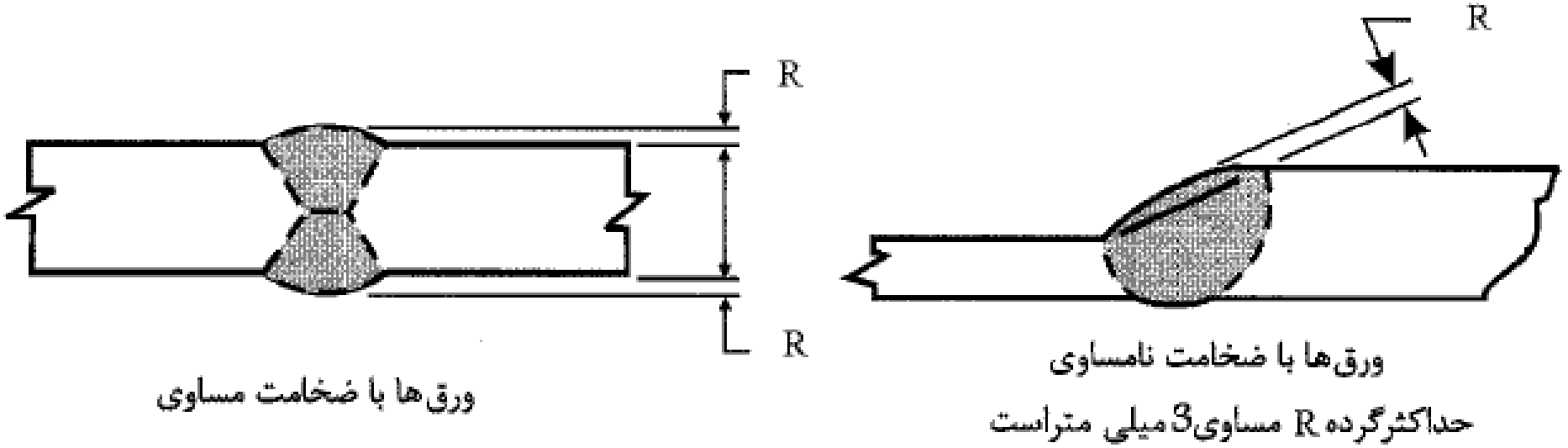
(الف) تعریف مقطع جوش گوشه

توجه: گرده جوش نباید از مقادیر زیر تجاوز نماید

اندازهٔ ساق یا طول L	حداکثر گرده (mm)
$L \leq 8$ mm	1/6mm
$8 < L < 25$	3 mm
$L \geq 25$ mm	5 mm



(پ) مقاطع غیرقابل پذیرش جوش گوشه

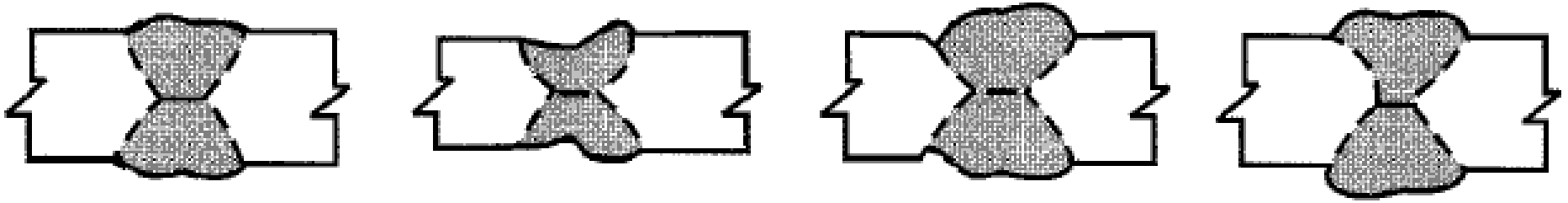


ورق‌ها با ضخامت مساوی

ورق‌ها با ضخامت نامساوی

حداکثرگرده R مساوی3 میلی متراست

(ت) مقاطع قابل پذیرش جوش های شیاری



تحدب زیاد

گلوی ناکافی

گودافتادگی زیاد

لوچه

(ث) مقاطع غیر قابل پذیرش جوش گوشه

شکل ۱۰-۴-۸ مقاطع قابل پذیرش و غیرقابل پذیرش جوش

جدول ۱۰-۴-۱ میزان آزمایش‌های غیرمخرب جوش هنگام تولید و نصب

نوع جوش مورد آزمایش	نوع آزمایش
۱ ـ صد درصد کلیهٔ جوش‌ها	بازرسی چشمی (VI)
۲ ـ صد درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی بال‌های کششی، اعضای کششی خرپاها، ۱/۶ عمق جان تیرها در مجاورت بال کششی*و جوش شیاری ورق روسری و زیرسری به‌ستون در اتصال صلب تیر به‌ستون	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۳ ـ ده درصد جوش‌های لب به لب طولی بال‌های کششی و اعضای کششی خرپاها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۴ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی و طولی در بال‌های فشاری و اعضای فشاری خرپاها و ستون‌ها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۵ ـ بیست درصد جوش‌های لب به‌لب عرضی جان تیرها که شامل بند ۲ فوق نمی‌باشد و جوش‌های لب به لب طولی جان تیرها	پرتونگاری یا فراصوت (RT یا UT)
۶ ـ ده درصد جوش گوشه بال به‌جان و سخت‌کننده‌ها	رنگ نافذ (PT)
۷ ـ صد درصد جوش‌های گوشه اتصالات مهاربندی‌ها و اتصالات تیر به‌ستون*	رنگ نافذ

* *درصورت حصول نتایج مثبت، مهندس ناظر می‌تواند دستور تقلیل آزمایشات را تا حداقل ۳۰ درصد صادر نماید.*

ذ) روش اجرا باید طوری ترتیب داده شود که مقدار جوش‌های کارگاهی لازم به‌حداقل برسد، به‌طوری که ساخت قطعات با جوش در کارخانه انجام شده و اتصال در کارگاه حتی‌المقدور توسط پیچ پرمقاومت صورت گیرد.

۱۱-۱-۸-۱-۴۶ خم یا راست کردن قطعات در هنگام ساخت، باید مطابق با ضوابط این قسمت باشد. به طور کلی عملیات خم‌کاری باید به گونه‌ای انجام شود که تمرکز تنش‌های موضعی به حداقل ممکن کاهش یابد.

۱۱-۱-۸-۱-۴۷ اعمال نیرو در دمای محیط در صورتی مجاز است که شعاع انحناء خم برابر یا بزرگتر از مقادیر زیر باشد:

ورق‌ها: ۲۵ برابر ضخامت ورق

ناودانی‌ها و سپری‌ها: ۲۵ برابر ارتفاع نیمرخ در صورتیکه خم در صفحه جان نیمرخ قرار گیرد و یا ۲۵ برابر عرض بال نیمرخ درصورتیکه خم در صفحه بال نیمرخ قرار گیرد.

نبشی‌ها: ۴۵ برابر عرض بالی از نیمرخ که در صفحه خم قرار می‌گیرد.

ضمناً روش کار باید به گونه‌ای باشد که فرو رفتگی‌ها و یا تمرکز تنش‌های موضعی یا تغییر مقطع عضو به حداقل برسد.

۱۱-۱-۸-۱-۴۸ اعمال نیرو و حرارت در صورتی مجاز است که دمای فلز بین ۵۰۰ تا ۶۵۰ درجه سانتی‌گراد حفظ شود.

۱۱-۱-۸-۱-۴۹ پس از اتمام خم‌کاری، جوش‌هایی که در محدوده خم قرار گرفته‌اند باید برای کشف و اصلاح عیوب بطور چشمی بازرسی شوند. جوش‌هایی که قرار است مورد آزمایش غیر مخرب واقع شوند، باید پس از انجام تمامی عملیات خم‌کاری، آزمایش شوند.