

پودمان ۲

خمکاری ورق و پروفیل فلزی



یکی از مهم‌ترین مراحل ساخت شناور، خمکاری ورق آن است. در تصویر بالا مشاهده می‌شود که در یک کارخانه کشتی‌سازی، ابتدا ورق‌هایی با ابعاد ۲ در ۶ متر (۶ عدد) با دستگاه‌های خمکاری ورق خم شده‌اند و سپس به یکدیگر جوش خورده‌اند تا با جرثقیل‌های سقفی به محل مونتاژ قطعات شناور منتقل گردند. دقت بالا در خمکاری، از جمله ضروریات این مرحله است تا ورق‌ها به شکل دقیق بر هم منطبق شوند و عملیات جوشکاری، بدون فشار بر بدنه انجام شود.

پودمان ۲

خمکاری ورق و پروفیل فلزی

نوع درس: نظری-عملی

زمان آموزش: ۴۰ ساعت

بخش نظری: ۱۵ ساعت

بخش عملی: ۲۵ ساعت

اهداف کلی

هنرجو باید پس از پایان این پودمان قادر باشد:

- ۱- استانداردهای خمکاری را بداند و بتواند از آنها استفاده کند.
- ۲- خمکاری دستی (سرد و حرارتی) را فراگیرد و بتواند انجام دهد.
- ۳- خمکاری پروفیل و لوله را فراگیرد و بتواند انجام دهد.
- ۴- نکات ایمنی را در خمکاری ورق و پروفیل‌های فلزی رعایت کند.

روش تدریس پودمان

- ۱- اغلب در ابتدای درس و در جلسه اول به مقدماتی که در محتوای درس ارائه شده پرداخته می‌شود تا دانش آموز با موضوعات درسی درگیر شود.
- ۲- سعی شود تمامی نکات فنی و ایمنی، همراه با دلایل آن در کارگاه بررسی شود و از هنرجویان خواسته شود در مباحث کلاسی و تمرینات کارگاهی شرکت کنند تا بتوانند این نکات را به خوبی فراگیرند و برای همیشه به خاطر بسپارند.
- ۳- توصیه می‌شود برای تدریس بهتر این پودمان، هنرآموز از روش تدریس **کلاس معکوس** استفاده کند؛ یعنی از هنرجویان بخواهد مطالب را در منزل از طریق اینترنت یا کتاب‌های مرتبط با خمکاری، مطالعه کنند و یاد بگیرند و در کلاس و کارگاه با هدایت هنرآموز تمرینات را پاسخ دهند.
- ۴- پیشنهاد می‌شود هنرآموز برای توضیحات تکمیلی مطالب پودمان، به موارد ذکر شده در بخش‌های **دانش افزایی** توجه کند و هنگام آموزش آنها را به کار گیرد.
- ۵- توصیه می‌شود با هدف **تقویت مهارت‌های خواندنی و نوشتاری هنرجویان** و نیز **درک بهتر مطالب**، از آنان خواسته شود تحقیق و گزارش‌های خود را

به صورت دستی بر روی کاغذ بنویسند و ارائه دهند. و از کپی کردن مطالب اینترنت به صورت تایپ شده، آماده و خام خودداری کنند.

۶- فعالیت‌هایی از قبیل ((فکر کنید))، ((بحث کنید))، و غیره برای فعال کردن هنرجویان و به‌کارگیری اطلاعات، دانسته‌ها و تجربیات آنان است. سعی کنید این فعالیت‌ها به دقت اجرا شود و در پایان هر فعالیت، یک بحث کوتاه تکمیلی داشته باشید.

۷- از هنرجویان بخواهید تمامی فعالیت‌های کارگاهی را انجام دهند.

سؤال‌های پیشنهادی

- ۱- انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات را بگویید.
- ۲- مزایا و معایب روش‌های خمکاری سرد، گرم و داغ را بگویید.
- ۳- در خمکاری با فشار قالب شعاع خمکاری درونی ورق باید چقدر باشد؟
- ۴- انواع ماشین‌های خمکاری را نام ببرید و بگویید هر یک چه کاربردی دارد؟
- ۵- انواع روش‌های خمکاری سرد را نام ببرید و هر یک را به صورت مختصر شرح دهید.
- ۶- ابزارها و وسایل خمکاری دستی کدامند؟
- ۷- انواع روش‌های خمکاری حرارتی را نام ببرید و هر یک را به صورت مختصر شرح دهید.
- ۸- ابزارهای خمکاری حرارتی را نام ببرید.
- ۹- انواع روش‌های خمکاری پروفیل‌ها را نام ببرید و هر یک را به صورت مختصر شرح دهید.
- ۱۰- به ازای هر ۹۰ درجه خمکاری لوله، چند درجه برگشت فنری داریم؟
- ۱۱- در خمکاری دستی لوله با قطر کم حداقل شعاع خمش چقدر است؟
- ۱۲- حداقل فاصله دوخم در لوله باید چقدر باشد؟



واحد یادگیری ۱: کاربرد استانداردهای خمکاری ورق

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت
------------	--------------

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

- ۱- استانداردهای خمکاری را بدانند و بتوانند از آنها استفاده کنند.
- ۲- روش به‌دست آوردن حداقل شعاع مجاز خمکاری را بدانند.
- ۳- با ابزارها و ماشین‌های خم کاری آشنا شود.

- شایستگی‌های غیر فنی:

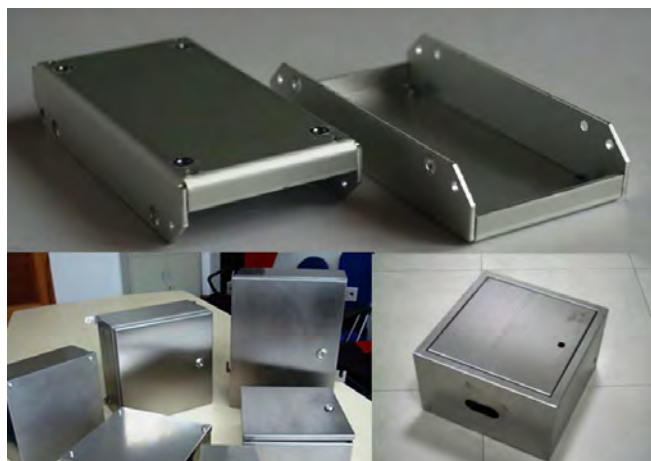
- ۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت‌کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
- ۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

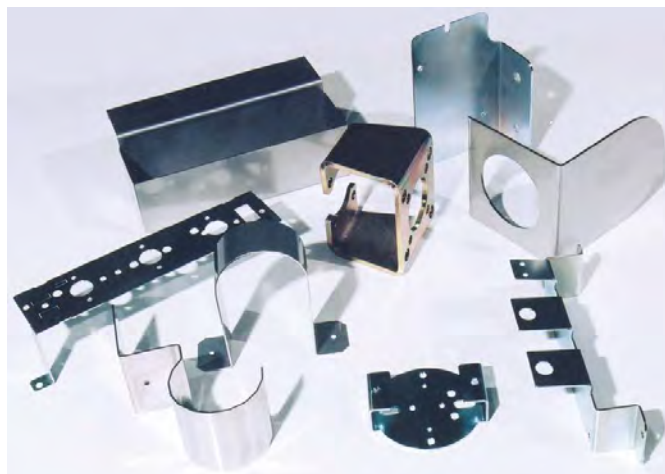
خمکاری فلزات یکی از فرایندهای حیاتی در صنعت تولید است. از این فرایند برای تولید مصنوعات فلزی در صنایع الکترونیکی، الکتریکی، ساختمان، دامداری، کشاورزی، غذایی و غیره استفاده می‌شود. این روش اساسی‌ترین و سریع‌ترین شیوه در تولید مصنوعات فلزی است. نمونه‌ای از این تولیدات فلزی را در زیر مشاهده می‌کنید.



شکل ۱- خمکاری فلز برای صنعت برق - خمکاری استیل - خمکاری آهن - خمکاری آلومینیوم



شکل ۲- خمکاری فلز برای صنایع دامداری و کشاورزی و صنایع غذایی- خمکاری ورق فولاد



شکل ۳- خمکاری برای صنایع ساختمان

خمکاری ورق فلزات باعث می‌شود که فلز در جهت اعمال نیرو باشد، دچار تغییر شکل پلاستیکی شود و هندسه ورق تغییر کند. همانند بقیه فرایندهای شکل‌دهی فلزات، در خمکاری ورق نیز شکل ورق تغییر می‌کند، ولی حجم فلز بدون تغییر باقی می‌ماند. در برخی از موارد خمکاری ممکن است ضخامت ورق را کمی تغییر دهد. اما در بیشتر موارد این اتفاق رخ نمی‌دهد و ضخامت ورق فلزی ثابت می‌ماند.

خمکاری فلز باعث ایجاد کشش و فشار در فلز می‌شود. نکته مهمی که در خمکاری باید توجه داشت، آن است که خواص ماده در خمکاری بسیار حائز اهمیت است. در برخی از موارد، خمکاری سرد و در برخی از موارد، خمکاری در دمای کاری گرم انجام می‌گردد.

بیشتر اوقات عملیات خمکاری با دستگاهی به نام پرس برک انجام می‌شود. بنابراین فرایند خمکاری در صنعت به نام عملیات شکل‌دهی پرس برک نیز معروف است. پرس برک‌ها در ابعاد و اندازه‌های متنوعی (بین ۲۰ تا ۲۰۰ تن) در بازار وجود دارند. هر دستگاه خمکاری شامل یک ابزار بالا (پانچ) و یک ابزار پایین (سنبه) است که ورق فلزی بین این دو ابزار قرار می‌گیرد. ورق فلزی بر روی سنبه قرار می‌گیرد و توسط فک‌هایی نگاه داشته می‌شود، سپس پانچ پایین می‌آید و ورق را خم می‌کند. در دستگاه‌های خم CNC این نیرو توسط جک‌های هیدرولیک ایجاد می‌شوند.

زاویه خم نیز با توجه به عمق نیروی اعمالی بر روی ورق تعیین می‌گردد. این عمق به‌طور دقیق برای رسیدن به زاویه مورد نظر کنترل می‌شود. ابزار مناسب برای خمکاری با توجه به کیفیت محصول، نوع ورق، کیفیت ورق و درجه خمکاری انتخاب می‌گردد. این ابزار اغلب از فولادهای کربنی ساخته می‌شوند.

خمکاری فلزات به‌روش کنترل عددی با رایانه یا CNC، یک فرایند ساخت است که با استفاده از دستگاه‌های پرس برک CNC انجام می‌گیرد. این دستگاه‌ها می‌توانند عملیات خمکاری را روی ورق‌های فلزی به ضخامت تنها چند میلی‌متر تا قطعاتی به طول ده‌ها متر بر روی بزرگ‌ترین ماشین‌آلات صنعتی انجام دهند. دستگاه پرس برک CNC به دو صورت است.

دستگاه پرس برک با استفاده از ابزار پیمایش خودکار CNC، خدمات فرم‌دهی و خم دقیقی را عرضه می‌کند. دستگاه‌های پرس برک CNC برای شکل‌دهی دقیق طیف وسیعی از ورقه‌های فلزی در جنس، ابعاد و ضخامت‌های گوناگون استفاده می‌شوند. فرایندهای فرم‌دهی پرس برک قابلیت تولید بالا با کمترین نیاز به پرداخت کاری ثانویه را دارند.

به‌طور کلی فرایند خمکاری فلزات به نوع قطعه کار، ابعاد و ضخامت بستگی دارد. به‌علاوه مؤلفه‌های همچون اندازه خم، شعاع خم، زاویه خم، انحناي خم و مکان خم بر روی قطعه کار در خمکاری بستگی دارد.



پاسخ:

شکل‌دهی فلزات به نوعی عمل فیزیکی بر روی فلز گفته می‌شود که فلز بخواهد تغییر شکل دائمی از خود نشان دهد، بدون اینکه در مقاومت و سختی آن خلل قابل توجهی به وجود آید. در صنعت کشتی‌سازی به دلیل اینکه فرم بدنه شناور خمیده است، لازم است که در بسیاری از جاهای ورق‌ها و پروفیل‌ها، قبل از اینکه اتصال داده شوند، شکل‌دهی شوند. این کار لازم است با ابزار و وسایل استاندارد و با دقت کافی صورت پذیرد تا فرایند ساخت یا تعمیر شناور به شکل مطلوب صورت پذیرد. اما لازم است که انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات در ادامه بیاید و مزایا و معایب هر یک و نیز روش کار آن توضیح داده شود.

جدول ۱ انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات را نمایش می‌دهد:

جدول ۱- انواع روش‌های شکل‌دهی فلزات

ردیف	عنوان شکل‌دهی	انواع
۱	پرسکاری	نورد، آهنگری، حدیده‌کاری
۲	شکل‌دهی کششی/ فشاری	کش‌دهی، شکل‌دهی چرخشی، اتوکشی، بادکردن، تغییر شکل کششی
۳	نیروهای کششی	
۴	خمکاری	
۵	قیچی‌کاری/ برش ظریف	

حال پس از توضیح هر یک از این روش‌ها، به‌طور مپودمان به خمکاری می‌پردازیم. پرسکاری: به روش شکل‌دهی فلزات در حالتی گفته می‌شود که با اعمال فشار از یک سری جوانب و با مقادیری متفاوت بر روی فلز حاصل می‌شود. جدول ۲، انواع روش‌های پرسکاری را نشان می‌دهد.

جدول ۲- انواع روش‌های پرسکاری

شکل	توضیحات	اصطلاح انگلیسی	نام فارسی	ردیف
	<p>معمولاً فلز را با عبور از بین دو یا چند غلتک، تغییر شکل یا تغییر ضخامت می‌دهند. برای ساخت ورق‌هایی با ضخامت‌های مختلف و نیز پروفیل‌ها کاربرد دارد.</p>	rolling	نورد	۱
	<p>در این روش، معمولاً فلز را بر روی یک تکیه‌گاه یا در یک قالب قرار می‌دهند و با پتک دستی و یا ماشینی، فلز را تغییر شکل می‌دهند. برای ساخت هندسی فلزات. در برخی اوقات، فلز را مذاب می‌کنند و درون قالب می‌ریزند تا شکل پیدا کند.</p>	ironing	آهنگری	۲
	<p>نوعی شکل‌دهی فلز است که فلز در دمای محیط و با فشار زیاد در یک قالب جریان می‌یابد و تغییر شکل می‌دهد. برای تولید قوطی و ...</p>	forging	حدیده کاری	۳

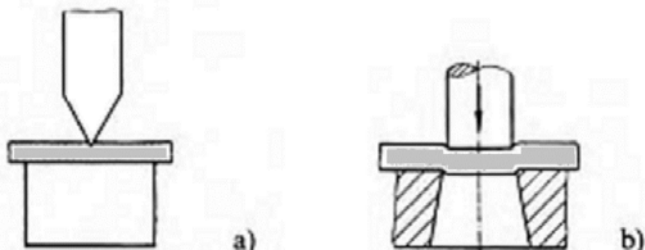
شکل‌دهی کششی / فشاری: همان‌گونه که از نامش پیداست، فلز تحت تأثیر فشار یا کشش تغییر شکل می‌دهد. حال به معرفی انواع آنان می‌پردازیم. جدول ۳ انواع این روش‌ها را توضیح می‌دهد.

جدول ۳- انواع روش‌های شکل‌دهی کششی / فشاری

ردیف	نام فارسی	نام انگلیسی	توصیف	شماتیک عملکرد
۱	کش‌دهی	Drawing	در این حالت، فلز با نیرویی، درون یک قالب که ابعاد آن تنگتر از سطح مقطع فلز است، کشیده می‌شود. بیشتر برای ساخت آرماتور و یا سیم از آن استفاده می‌شود.	
۲	شکل‌دهی چرخشی	spinning	در این حالت، ابزار شکل‌دهی، به صورت چرخشی بر فلز اعمال می‌شود و باعث تغییر شکل و حالت آن می‌شود. برای ساخت مصنوعات گرد مانند قوطی‌ها و ظروف و غیره استفاده می‌شود.	
۳	اتوکشی	Collar forming	تغییر شکل دادن فلز با قراردادن آن درون یک قالب و تغییر حالت دادن آن به گونه‌ای که به شکل توخالی درآید. در ابتدا یک حفره در سطح فلز ایجاد شده است. برای ایجاد لبه به کار می‌رود.	
۴	باد کردن	bulging	شکل‌دهی فلز با تزریق هوا در زیر آن صورت می‌پذیرد. این کار باعث می‌شود شکل فلز بیشتر متأثر از فشار هوا نیز تغییر کند تا فرم قالب. برای تولید مخازن خاص مانند آکومولاتور و غیره به کار می‌رود.	
۵	تغییر شکل کششی	Stretch forming	ورق به طور همزمان کشیده و خم می‌شود. برای ایجاد مرزهای خمیده فلزی مانند دیواره مخازن نفتی و غیره به کار می‌رود.	

خمکاری ورق و پروفیل فلزی

شکل دهی با برش ظریف: در این روش، برش صورت نمی‌گیرد، بلکه با استفاده از یک سنبه پهن، یک فرم تورفتگی کوچک ایجاد می‌شود.



شکل ۴- شکل دهی با برش ظریف

علاوه بر این روش‌ها، شیوه‌های مدرنی همچون شکل دهی الکترومغناطیس، انفجاری و غیره نیز وجود دارند که از حوصله بحث در اینجا خارج است.

جدول ۴- انواع روش‌های خمکاری ورق از نظر دمایی

معایب	مزایا	توضیحات	اصطلاح انگلیسی	نوع خمکاری
<ul style="list-style-type: none"> - نیاز به نیروی فراوان جهت خمکاری - سطح فلزات باید در ابتدا تمیز شود - خصوصیات فلز در دمای محیط باعث محدودیت در خمکاری می‌شود. 	<ul style="list-style-type: none"> - دقت بیشتر و تolerانس کمتر - پرداخت بهتر سطح - ایجاد استحکام بیشتر در فلزات در برخی مواقع - بی نیاز به صرف انرژی حرارتی و آلودگی محیط زیست 	<p>در دمای محیط و با فشار و نیروی زیاد ماشین‌آلات، فلز شکل دهی می‌شود. پس از خمکاری، معمولاً نیاز به ماشین‌کاری یا صافکاری ندارند.</p>	Cold Bending	سرد
<ul style="list-style-type: none"> - قطعه ابتدا باید گرم شود 	<ul style="list-style-type: none"> - نیاز به نیروی کمتر از خمکاری سرد - امکان شکل دهی با هندسه پیچیده‌تر 	<p>در دمای بالاتر از دمای محیط صورت می‌پذیرد. این دما حدود ۰/۳ دمای ذوب فلز است.</p>	Warm Bending	گرم
<ul style="list-style-type: none"> - دقت ابعادی کمتر - امکان اکسیداسیون سطح فلز - آلودگی محیط زیست - عمر کمتر ابزارآلات شکل دهی (قالب و گیره و غیره) 	<ul style="list-style-type: none"> - تغییر شکل پذیری فلز زیاد می‌شود - نیاز به نیروی فیزیکی به مراتب کمتر (برخی اوقات فقط با حرارت شکل دهی می‌شود) 	<p>در دمایی بالاتر از دمای خمکاری گرم صورت می‌پذیرد. حدود ۰/۵ دمای ذوب.</p>	Hot Bending	داغ

خمکاری سرد

کار در کلاس



کار در کلاس: اصطلاح لاتین روش‌های خمکاری را در جدول زیر با کمک هنرآموز بنویسید.

جدول ۵- روش‌های خمکاری سرد

نوع خمکاری	اصطلاح انگلیسی	توضیحات
خمکاری هوایی	Air Bending	در این روش، سنبه و قالب فقط برای انتقال نیرو استفاده می‌شوند. قطعه ورق روی دو نقطه تکیه داده می‌شود و سنبه بر روی فلز فشار می‌آورد و فلز را خم می‌کند. در این خمکاری، قالبی برای کنترل میزان خمکاری وجود ندارد.
خمکاری V شکل	V-Bending	سنبه و قالب، هر دو V شکل هستند. قبل از شکل‌دهی بدین صورت، ابتدا خمش هوایی صورت می‌پذیرد تا ورق کمی خم شود.
خمکاری U شکل	U-Bending	در این حالت، شکل‌دهی ورق به صورت U خواهد بود. برای رسیدن به شکل U مطلوب، اغلب یک تکیه‌گاه زیرین در قالب خمکاری قرار می‌گیرد تا نتیجه بهتری حاصل گردد.
خمکاری با غلتک (نورد)	Roll-Bending	در این روش، معمولاً فلز با استفاده از سه غلتک خم می‌شود. این روش بیشتر برای خم کردن ورق‌های بزرگ، به خصوص ورق بدنه کشتی استفاده می‌شود. در این حالت، غلتک بزرگتر در یک محدوده زاویه می‌چرخد و در این بین، ارتفاع دو غلتک پایینی تطبیق داده می‌شود. بدین شکل می‌توان ورق را تا میزان دلخواه خم کرد.

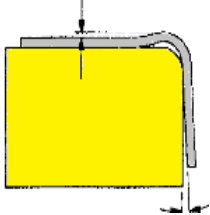
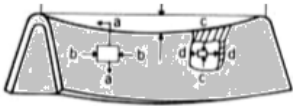

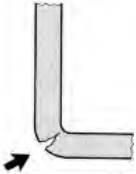
تحقیق کنید



عیوب به‌وجودآمده در خمکاری ماشینی سرد چیست؟ دلایل آن را توضیح دهید.

پاسخ: جدول ۶، مهم‌ترین عیوب را با ذکر اصطلاح انگلیسی و نیز دلایل آن را بیان می‌کند.

جدول ۶- عیوب خمکاری سرد و دلایل وقوع آنها

ردیف	نام عیب	اصطلاح انگلیسی	توضیحات
۱	اعوجاج	Recoil	<p>در زمان خمکاری لبه‌سازی به‌وجود می‌آید. به‌دلیل استفاده‌نکردن از ابزار مناسب (قالب و نگهدارنده) در حین فرایند خمکاری</p> 
۲	شکم کردن	Warping, Cambering	<p>در نتیجه خمکاری یک ورق طولانی به‌وجود می‌آید که اغلب با فرایندهای دستی این شکم گرفته می‌شود.</p> 
۳	باریک شدن در ناحیه خمکاری	Necking	<p>رعایت نکردن شعاع خمکاری</p> 
۴	شکاف در لبه	Ent Crack in part	<p>به‌دلیل رعایت نکردن شعاع خمکاری، جنس نامرغوب، بریدگی اولیه ریز در هنگام برشکاری</p> 

چه عواملی بر میزان برگشت فنری تأثیر می‌گذارند و برای جبران یا جلوگیری از برگشت فنری، چه راهکارهایی وجود دارد؟

تحقیق کنید



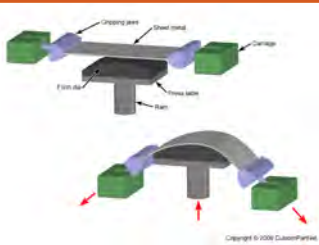
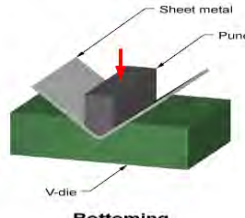

پاسخ: جدول ۷، عوامل تأثیرگذار را نشان می‌دهد.

جدول ۷- عوامل برگشت فنری و نوع تأثیر

ردیف	عامل تأثیرگذار	نوع تأثیر
۱	شعاع خمکاری	افزایش آن باعث افزایش برگشت به عقب می‌گردد
۲	زاویه خمکاری	افزایش آن باعث افزایش برگشت فنری می‌شود.
۳	ضخامت ورق	افزایش آن باعث کاهش برگشت فنری می‌شود.
۴	جنس ورق	مقاومت کمتر در برابر خمش پلاستیک، باعث کاهش برگشت فنری آن می‌گردد.

راهکارهای جبران و یا پیشگیری از برگشت فنری نیز در جدول ۸ ذکر شده است.

جدول ۸- راهکارهای پیشگیری و جبران برگشت فنری

ردیف	نام راهکار	اصطلاح انگلیسی	توضیحات	شماتیک
۱	شکل‌دهی کششی	Stretch bending	خمکاری همراه با ایجاد کشش	 <p>Copyright © 2008 CengageParties</p>
۲	ایجاد فشار موضعی	bottoming	ایجاد فشار دقیقاً در محل لبه خمکاری	 <p>Bottoming</p>
۳	خمش مضاعف	overbending	از ابتدا، زاویه خمکاری را بیش از حد مطلوب خم می‌کنیم.	 <p>OVERBENDING</p> <p>DESIRED SHEET METAL GEOMETRY ACTUAL SHEET METAL BEND SHEET METAL AFTER SPRINGBACK.</p>
۴	ایجاد حرارت	heating	باعث کاهش خاصیت ارتجاعی فلز حین خمکاری می‌گردد.	

در حین کار با دستگاه‌ها و ماشین‌آلات خمکاری، چه نکات ایمنی، زیست‌محیطی و بهداشتی باید رعایت گردد؟



پاسخ:

در دستگاه غلتک:

- ۱- به علائم هشدار و خطر نصب‌شده بر روی دستگاه توجه کنید.
- ۲- از هرگونه دست‌کاری و کنج‌کاوای در سیستم برق، گیربکس، اینورتر و غیره خودداری کنید.
- ۳- ضروری است در حین کار با دستگاه، غیر از شما حداقل یک نفر دیگر نیز در آزمایشگاه حضور داشته باشد. لذا در مواقعی که در آزمایشگاه تنها هستید، هرگز با دستگاه کار نکنید.
- ۴- در حین کار با دستگاه از افراد دیگر بخواهید در اطراف آن تجمع نکنند. مخصوصاً در سمت خروجی غلتک‌ها و در اطراف اجزای متحرک کسی حضور نداشته باشد.
- ۵- حتی‌المقدور نورد نمونه‌ها را در محدوده سرعت دوران پایین دستگاه انجام دهید.
- ۶- در حین جذب نمونه توسط دستگاه، مراقب هرگونه تماس مستقیم دست و پوشش خود با غلتک‌ها باشید و از نزدیک کردن سر و صورت خود به دهانه غلتک‌ها جداً پرهیز کنید.
- ۷- ابعاد اولیه نمونه‌های نورد باید متناسب با قابلیت غلتک‌ها باشد؛ لذا از نورد کردن نمونه‌های با ابعاد خیلی بزرگ و ضخیم اجتناب شود. ضروری است در مورد ابعاد مناسب نمونه‌ها، با کارشناس و یا هنرآموز مربوط مشورت کنید.
- ۸- شکل هندسی نمونه‌ها باید به صورت صفحه/ ورق/ مکعب مستطیل و تمام سطوح آن کاملاً تخت و عاری از ناهمواری باشد. لذا از نورد نمونه‌های با مقطع غیرمستطیلی‌شکل (گرد، سه گوش، شش گوش، چهار گوش مربع و غیره) خودداری کنید.
- ۹- نمونه را به روش صحیح و با انبر مناسب بگیرید و به سمت غلتک‌ها هدایت کنید. از گرفتن نمونه با دست و بدون انبر خودداری کنید.

در دستگاه پرس:

- ۱- در ابتدا هنرجویان باید طرز استفاده از این پرس را با کمک مسئول آزمایشگاه شکل دادن فلزات آموزش ببینند.
- ۲- در هنگام کار با پرس باید حفاظ مخصوص پرس، مقابل پرس و در کمترین فاصله ممکن آن قرار داده شود تا در صورت شکست سنبه یا قالب، قطعات

- شکسته شده به بیرون پرتاب نشود و به اپراتور یا سایر هنرجویانی که در داخل آزمایشگاه در حال کار هستند آسیب نرساند.
- ۳- لازم است هنگام استفاده از پرس، هنرجو تمامی نکات ایمنی استفاده از تجهیزات صنعتی را رعایت کنید و بالاخص از وسایلی همچون کلاه محافظ و دارای حفاظ صورت و غیره استفاده نمایید.
- ۴- در طول پرسکاری اپراتور به هیچ وجه نباید از پرس دور شوید و مشغول انجام کار دیگری در آزمایشگاه باشید.
- ۵- حتی الامکان سعی شود از تناژ پایین پرس استفاده شود. تأکید می‌شود به منظور حفظ ایمنی و عمر دستگاه، هرگز از تناژهای بالا استفاده نشود. در غیر این صورت احتمال وقوع خطر به شدت بالا خواهد رفت.
- ۶- نکات ایمنی را جدی بگیرید و همواره به علائم و هشدارهای ایمنی نصب شده در محیط آزمایشگاه توجه کنید و در حین انجام کار رعایت نمایید.
- ۷- به منظور پیشگیری از بروز حادثه هیچگاه در هنگام روشن بودن دستگاه ها و تجهیزات، اقدام به تعمیر و تعویض قطعات نکنید.
- ۸- کارکردن در محیط پر سر و صدا باعث کاهش شنوایی و تأثیر نامطلوب بر روی اعصاب می‌شود؛ لذا برای پیشگیری باید از گوشی حفاظتی استاندارد استفاده کنید.
- ۹- در هنگام کار با اشیای تیز و برنده، از دستکش حفاظتی مناسب استفاده کنید.
- ۱۰- برای هر وسیله، ابزار یا قطعه، محل مخصوصی در نظر بگیرید تا علاوه بر دسترسی آسان به وسایل، نظم و انضباط در کارگاه ایجاد شود. قبل از شروع به کار از سالم بودن ابزار دستی خود مطمئن شوید.
- ۱۱- البسه گشاد و موی بلند می‌تواند به دور اشیاء و محورهای در حال چرخش و دیگر قسمت‌های متحرک گیر کند. بنابراین از لباسی کاملاً مناسب و مرتب استفاده کنید.
- ۱۲- در کارگاه برای جمع‌آوری ضایعات و زباله، از سطل زباله استفاده کنید.

کار در کلاس



با کمک هنرآموز، اصطلاحات انگلیسی ابزار خمکاری موجود در جدول ۹ را بیابید.

خمکاری ورق و پروفیل فلزی

جدول ۹- انواع ماشین آلات و ابزار خمکاری

ردیف	نام ماشین	نام انگلیسی	کاربرد
۱	خمکن فشاری	Bending Brake	تولید پروفیل‌های خمیده با استفاده از قالب‌ها و ماشین
۲	پرس خمکن ورق دستی	Folder	ایجاد فشار در یک سمت ورق توسط یک سنبه تاشونده و خم کردن آن
۳	ماشین خمکاری سه غلتکی	Three roll Bending Machine	برای تولید لوله‌های با قطر بالا و نیز خم‌های کم از صفحه ورق استفاده می‌گردد.
۴	ماشین شیارسازی	Beading Machine	برای ایجاد شیار و لبه در ورق‌های فولادی به‌کار می‌رود.

با بازدید از یکی از کارخانجات ساخت کشتی در محل، یا با تحقیق اینترنتی، چند نمونه دستگاه و ماشین خمکن را در صنایع ساخت و تعمیر شناور پیدا کنید.

تحقیق کنید



پاسخ: برای ایجاد تنوع، از هنرآموز محترم تقاضا می‌گردد با مراجعه گروهی به یکی از کارخانجات بزرگ کشتی‌سازی در مجاورت هنرستان، و با هماهنگی، از کاربران این دستگاه‌ها بخواهید تا ویژگی‌های دستگاه و قابلیت‌های آنان را توضیح دهند و نیز نحوه کار با آنان، توسط آنان شرح داده شود. در صورت عملی نبودن بازدید، از هنرجویان بخواهید با تحقیق اینترنتی، چند نمونه از این دستگاه‌ها را پیدا کنند و نحوه کار آنان را شرح دهند.

اصطلاحات انگلیسی رایج در خمکاری در جدول ۱۰ آمده است. با کمک هنرآموز، معنی فارسی آن را در سمت راست بنویسید.

کار در کلاس



جدول ۱۰- اصطلاحات رایج خمکاری

اصطلاح انگلیسی	اصطلاح فارسی	ردیف
Angle	زاویه	۱
Bending Curve	قوس خمکاری	۲
Punch	حفره‌سازی	۳
Die	قالب	۴
Workpiece	قطعه کار	۵
Backing Pad	تکیه‌گاه	۶
Bending Radius	شعاع خمکاری	۷
Spring Back	برگشت فنری	۸
Effective Length	طول موثر	۹
Bending Force	نیروی خمکاری	۱۰

تحقیق کنید

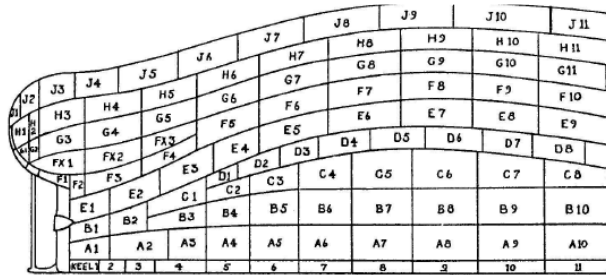


ورق چینی بدنه کشتی (shell Expansion) چیست؟

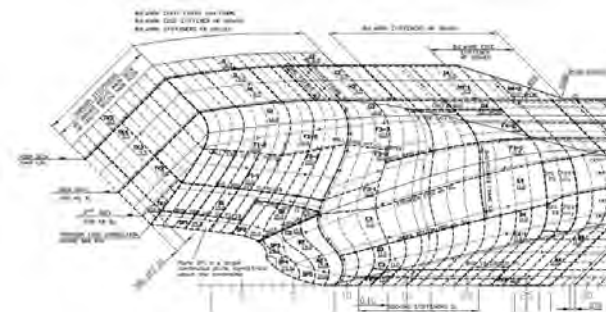
پاسخ:

ورق چینی بدنه (shell Expansion) فرایندی از انتخاب و برش ورق‌های استاندارد برای بدن شناور است. به دلیل اینکه هنگام استفاده، ورق‌ها به صورت سه بعدی خم می‌شوند، با توجه به مساحت سطح بدنه کشتی و نیز به شکل بهینه، برش و استخراج می‌شوند. در این مرحله، دلیل انجام دو فرایند مهم، یعنی برشکاری بهینه و خمکاری، ابتدا ورق‌های با ابعاد استاندارد انتخاب می‌گردند و طی محاسبات فنی و با استفاده از نرم‌افزار، برش داده می‌شوند. در این مرحله، هدف برشکاری به شکل مطلوب است تا هم دورریز ورق به کمترین حد برسد و هم پس از خمکاری، سهم درستی در پوسته کشتی داشته باشند. همان گونه که در پودمان یک اشاره شد، به این عمل اصطلاحاً (Nesting) می‌گویند. محاسبات برش ورق بر مبنای ریاضیات و مهندسی صورت می‌گیرد و ذکر آن در اینجا لازم نیست. همان گونه که در شکل ۵ می‌بینند، شکل کلی ورق‌ها برای نیم بدنه کشتی نشان داده شده است که چگونه برش داده می‌شوند. ورق‌ها پس از خمکاری (با استفاده از ماشین‌های خمکاری) به شکل ۶ تبدیل می‌شوند.

خمکاری ورق و پروفیل فلزی



شکل ۵- نقشه پوسته شناور و ورق‌های استخراج شده پس از برش



شکل ۶- فرم نهایی بدنه کشتی پس از خمکاری

یک ورق فولادی با ضخامت ۴ میلی‌متر، طول ۲۰ سانتی‌متر و عرض ۴ سانتی‌متر، قرار است به میزان ۹۰ درجه با شعاع ۸ میلی‌متر خم شود. حد مجاز خمکاری آن را محاسبه کنید و پس از خم کردن ورق در کارگاه، مقدار واقعی را با مقدار محاسبه شده مقایسه نمایید.



شکل ۷- قطعه کار

از هنرآموز محترم تقاضا می‌شود هنگام انجام خمکاری توسط هنرجویان، بر عملکرد آنها نظارت صورت پذیرد. استفاده از جداول و فرمول‌های این پودمان برای محاسبه حد مجاز پیشنهاد می‌شود.

فعالیت عملی





واحد یادگیری ۲: خمکاری سرد و حرارتی

زمان آموزش	جمع : ۱۰ ساعت
------------	---------------

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی‌های فنی:

- ۱- با انواع روش‌های خمکاری سرد آشنا شود.
- ۲- خمکاری دستی را فراگیرد و بتواند انجام دهد.
- ۳- خمکاری حرارتی را فراگیرد و بتواند انجام دهد.

- شایستگی‌های غیرفنی:

- ۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت‌پذیری، توجه به محیط‌زیست و اخلاق حرفه‌ای را یاد بگیرد.
- ۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

خمکاری سرد و حرارتی

این قسمت به معرفی و توضیح روش‌های خمکاری سرد که خمکاری با دست و خمکاری حرارتی است، می‌پردازد. در این قسمت سعی می‌شود که هنرجو با روش‌های خمکاری دستی و استانداردهای خمکاری با حرارت آشنا گردد.

خمکاری با دست:

در مواقعی که به دقت بالا نیاز نیست و همچنین ورق ضخامت زیادی ندارد، خمکاری با دست یک روش سریع و مفید به حساب می‌آید. ابزارهای متفاوت و زیادی برای خمکاری ورق به کار می‌روند. این ابزارها به‌عنوان سندان شناخته می‌شوند. بسته به اینکه نحوه خمکاری به چه شکلی باشد، می‌توان هر کدام از ابزار شکل را استفاده نمود. این ابزار، به‌عنوان تکیه‌گاه قرار می‌گیرند و با قرار دادن ورق روی آن و چکش کاری، ورق را به فرم دلخواه درمی‌آوریم. آنچه مهم است، در این روش، شخص فلزکار باید مهارت و تجربه لازم را داشته باشد. علاوه بر سندان، انبردست‌های خمکاری نیز موجودند که بیشتر جهت لبه‌سازی و یا صافکاری ورق به کار می‌روند.

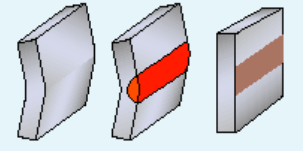
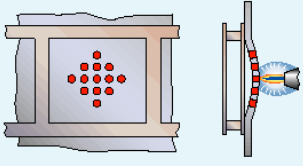
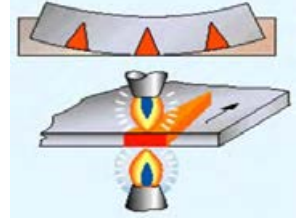
نکات ایمنی در هنگام ورق کاری با دست:

- ۱- هنگام کار باید از دستکش، کفش ایمنی، لباس کار و عینک استفاده کنید.
- ۲- دقت کنید اشیای نوک‌تیز و سنگین مانند سندان، سنبه، چکش، سوزن و غیره در جای مناسب قرار گیرند. از قرار دادن آنها بر روی زمین و یا در لبه میزکار جداً خودداری کنید.
- ۳- در هنگام استفاده از چکش یا خمکن دستی، مراقب دست خود باشید.

خمکاری با حرارت:

در این روش، با حرارت دادن به یک قسمت، یا تمام ورق، تنش حرارتی و خمش در آن ایجاد می‌شود. از این روش، در خمکاری ورق‌های بزرگ، به‌خصوص بدنه کشتی استفاده می‌شود. معمولاً سه روش اصلی در خمکاری حرارتی موجود است که در جدول ۱۱ آمده است. این روش‌ها برای صافکاری اعوجاج ناشی از جوشکاری نیز به کار می‌روند.

جدول ۱۱- انواع روش‌های حرارت‌دهی فلزات برای خمکاری و صافکاری

شکل	توضیحات	اصطلاح انگلیسی	روش حرارت‌دهی
	حرارت دادن و سرد کردن پیاپی فلز در یک خط مستقیم که باعث ایجاد انحنا در آن محل می‌گردد.	Line heating	حرارت خطی
	حرارت دادن و سرد کردن پیاپی ورق در یک نقطه	Spot heating	حرارت نقطه‌ای
	حرارت‌دهی قسمتی از یک ورق به صورت مثلث باریک و بلند. برای ایجاد قوس ورق و خمکاری پروفیل به کار می‌رود.	Wedge shaped heating	حرارت مثلثی

وسایل و تجهیزات:

در این نوع خمکاری، از قالب‌های خمکاری به‌عنوان میزکار استفاده می‌شود. معمولاً این قالب‌ها از یک ورق ضخیم‌تر یا چدن ساخته می‌شوند. همچنین مشعل حرارتی، نازل آب برای سردسازی بلافاصله، فندک، شلنگ، گوه فولادی، چکش بزرگ، استامپ و غیره، سایر ابزار مورد استفاده هستند.

کار در کلاس



اصطلاح انگلیسی ابزار دستی خمکاری موجود در جدول ۱۲ را بیابید.

جدول ۱۲- ابزار و وسایل خمکاری دستی

نام انگلیسی	نام فارسی	ردیف
Wooden or Metal Form Blocks	گوه‌های شکل‌دهی چوبی یا فلزی	۱
Block of Hardwood and Heavy Duty Hammer	جعبه نگهداری چکش و گوه (اختیاری)	۲
Calculator	ماشین حساب	۳
Marking Needle	سوزن خط‌کش	۴
Protractor	نقاله	۵
Rubber or Plastic Hammer	چکش پلاستیکی یا چرمی	۶
Ruler or Tape Measure	خط‌کش یا متر فلزی	۷
Sheet Metal	ورق فلزی	۸
Vise	گیره کارگاهی	۹

دستور کار خمکاری یک ورق آلومینیوم را توضیح دهید.

تحقیق کنید



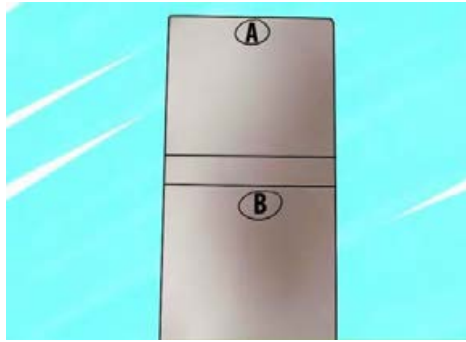
پاسخ:

۱- یک قطعه آلومینیومی به ابعاد ۴x۲ اینچ و ضخامت ۰/۰۴ اینچ ببرید (هر اینچ برابر با ۲/۵۴ سانتی‌متر است). قرار است شعاع خمکاری این قطعه آلومینیومی ۰/۳۷۵ اینچ گردد. دقت کنید عمل برشکاری با فیچی طبق استاندارد پودمان اول صورت پذیرد.

۲- نواحی و خطوط خمکاری را به دقت علامت بزنید. برای این کار، لازم است عقب‌روی را اندازه بگیرید. عقب‌روی به فاصله بین خط خمش تا لبه بالایی گیره قالب تعیین می‌گردد (شکل صفحه بعد). برای این مدل قطعه، عقب روی برابر است با:

$$\text{ضخامت فلز} + \text{شعاع خمیدگی} = ۰/۳۷۵ + ۰/۰۴ = ۰/۴۱۵$$

این میزان را از وسط ورق کم نمایید. مقدار آن می‌شود: $۱/۵۸۵ = ۲ - ۰/۴۱۵$
این فاصله تا لبه ورق را اندازه بگیرید و علامت بزنید. این خط، نخستین خط خمش است.



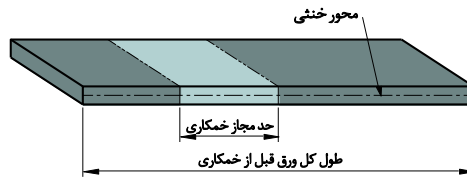
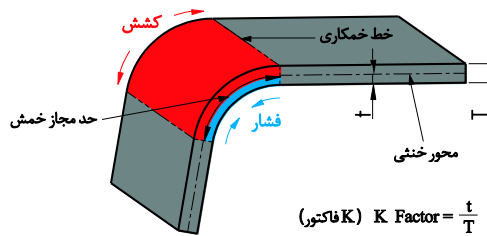
شکل ۸- محدوده‌های خمکاری

۳- محاسبه حد مجاز خمش:

با استفاده از فرمول تجربی زیر، حد مجاز خمش را بیابید:

$$t) 0/0078 R + 0/173BA =$$

با استفاده از جداول کتاب نیز می‌توان این مقدار را محاسبه کرد. برای این قطعه، این مقدار برابر است با: ۰/۶۱۷. اکنون، از خط اول خمش که در مرحله قبل تعیین کرده بودید، به فاصله ۰/۶۱۷، یک خط دیگر بکشید که نمایانگر خط دوم خمش است.

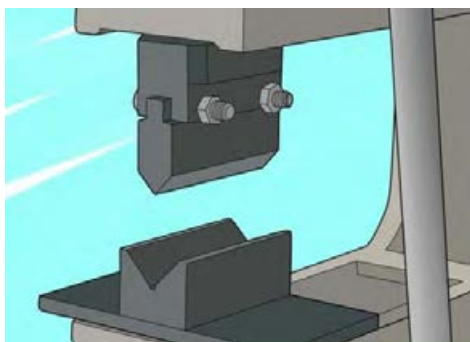


شکل ۹- حد مجاز خمش

۴- قطعه کار را که علامت زده شده است، رو به بالا بر روی قالب خمکاری قرار دهید (شکل ۱۰). سنبه را به آرامی پایین بیاورید، به گونه‌ای که با ورق (قطعه کار) تماس یابد و قطعه لیز نخورد. اکنون قطعه را با دست به گونه‌ای جابه‌جا کنید که

خمکاری ورق و پروفیل فلزی

خط وسط ناحیه خمیدگی، دقیقاً زیر نوک سنبه قرار گیرد. به خط وسطی که ناحیه خمیدگی را به دو نیم می‌کند، خط دید گفته می‌شود. خط دید باید دقیقاً بالای شکاف قالب خمکاری قرار گیرد. پس از آن، با اهرم خمکاری، دستگاه را به گونه‌ای سفت کنید که ورق هیچ تکانی نخورد (شکل ۱۰). نکته ایمنی: دقت کنید که قالب خمکاری و تکیه‌گاه آن هیچ حرکتی نکند. اکنون نوبت به فرایند خمکاری می‌رسد.



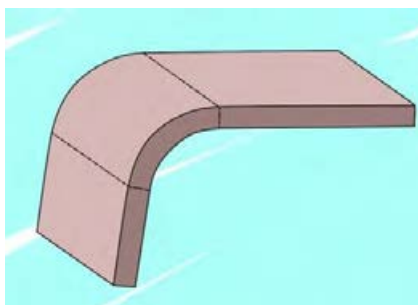
شکل ۱۰- قالب خمکاری



شکل ۱۱- طریقه قرارگیری ورق آلومینیومی در دستگاه

۵- حال با استفاده از اهرم‌ها و پیچ‌های دستگاه، سنبه را به سمت پایین و قالب خمکاری را به سمت بالا، جابه‌جا کنید. دقت نمایید این کار به‌طور کامل انجام شود و لبه خمکاری قطعه دقیقاً در شیار قالب قرار گیرد. در غیر این صورت، پدیده برگشت فنری خواهیم داشت.

۶- پس از اتمام کار، با استفاده از خط‌کش و گونیا، مجدداً زاویه خمیدگی را بررسی کنید. در صورتی که زاویه خمیدگی بیش از ۹۰ درجه بود، با کمی چکش کاری می‌توان آن را برطرف کرد.



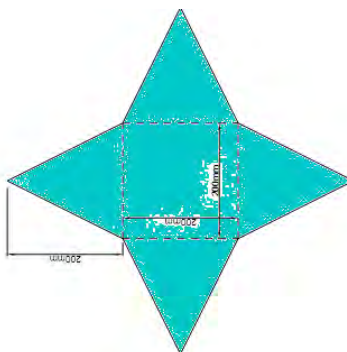
شکل ۱۲- قطعه کار نهایی

فعالیت عملی



خمکاری

قطعه بریده شده در پودمان یک را با رعایت استاندارد خم کنید و به هرم تبدیل نمایید. ابزار لازم برای خمکاری، در جدول ۱۲ آمده است.



شکل ۱۳- ورق بریده شده



شکل ۱۴- قطعه کار پس از خمکاری

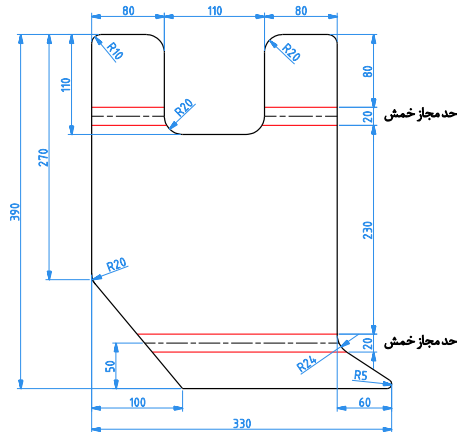
خمکاری ورق و پروفیل فلزی

از هنرجویان بخواهید حد مجاز خمکاری را نیز محاسبه کنند و تأثیر آن را در خمکاری و ساخت هرم تعیین نمایند؛ آیا این میزان حد مجاز، تأثیری در ساخت هرم می‌گذارد یا خیر؟

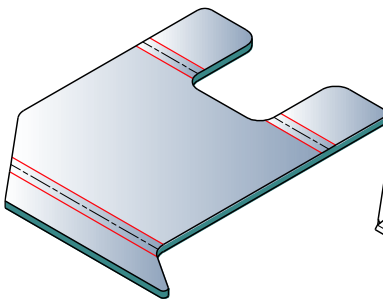
خمکاری

نقش سه‌بعدی زیر، یک قطعه را نشان می‌دهد که برای استفاده در صنعت به کار می‌رود. با کمک ابزار برشکاری و خمکاری در کارگاه، قطعه شکل ۱۵ را ببرید و آن را خم نمایید تا به شکل ۱۶ درآید. با توجه به ضخامت فلز و میزان حد مجاز، شعاع خمکاری مجاز چند است؟ طول ناحیه خم شده را بیابید.

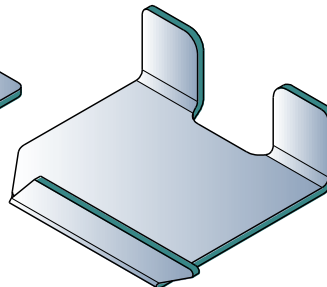
فعالیت عملی



شکل ۱۵- قطعه کار برش داده شده



قبل از خم کاری



بعد از خم کاری

شکل ۱۶- قطعه کار پس از خمکاری

در قطعه اصلی برش داده شده، همان گونه که ملاحظه می گردد، حد مجاز خمکاری ۲ سانتی متر در نظر گرفته شده است. از هنرجویان بخواهید حداقل مجاز خمکاری را نیز با استفاده از فرمول های کتاب محاسبه کنند. آنگاه مقدار به دست آمده را با این مقدار (۲ سانتی متر) مقایسه کنند. همچنین از هنرجویان بخواهید با توجه به این مقدار، شعاع داخلی خمش را محاسبه کنند. این کار هم با فرمول و هم با اندازه گیری آن پس از خمش قطعه کار تعیین می گردد. مقایسه این دو مقدار می تواند دید هنرجو را افزایش دهد.

تحقیق کنید



در فرایند خمکاری با دست، چه عیوبی به وجود می آید؟ راهکارهای رفع عیب آن چیست؟

پاسخ: جدول ۱۳- عیوب به وجود آمده و راهکارهای رفع آن را بیان می کند:

جدول ۱۳- عیوب به وجود آمده در خمکاری با دست

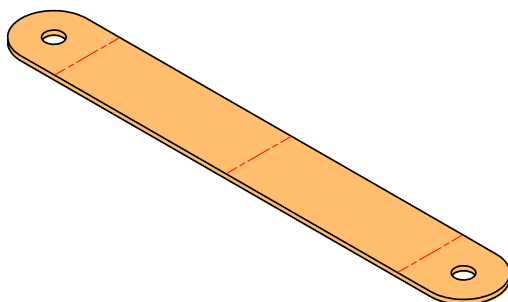
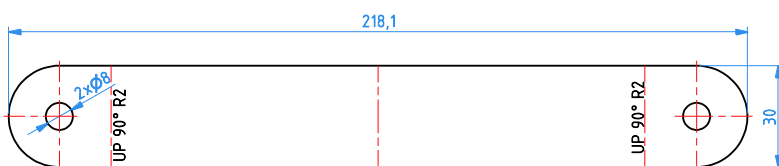
ردیف	معرفی عیب	دلیل	راهکار
۱	ورق حین خمکاری ترک خورده است.	شعاع خمکاری از حد مجاز کمتر شده است.	رعایت شعاع خمیدگی
۲	اندازه قطعه پس از خمیدگی کوچکتر است.	حد مجاز در محاسبات لحاظ نشده است.	رعایت و محاسبه طول گستردگی
۳	ورق خراب خم شده است.	<ul style="list-style-type: none"> - چکش کاری درست صورت نگرفته است. - برگشت فنی انجام شده است و رعایت این میزان صورت نگرفته است. - گیره و گوه هنگام ضربه با چکش حرکت کرده اند. 	<ul style="list-style-type: none"> در ابتدا باید گیره را محکم به پایه میز کار سفت کرده همچنین پیچ بستن گیره (سفت نمودن گوه و ورق) سفت نشده است.
۴	ورق به طور کافی خم نمی شود.	چکش انتخابی کوچک است یا ورق ضخیم است.	حرارت دادن به ورق در حین چکش کاری تا جایی که ورق قرمز و یا زرد شود (گداخته شود).



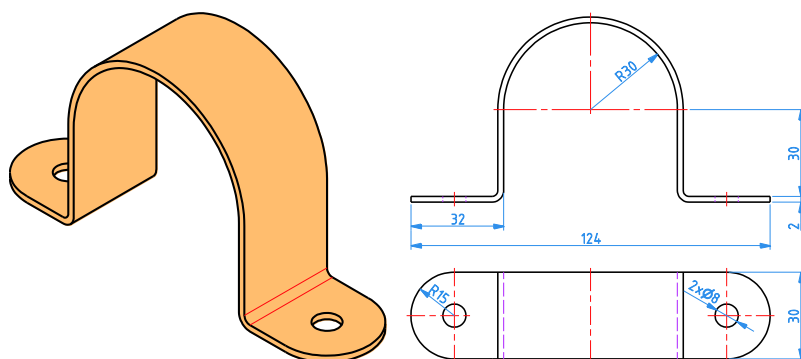
خمکاری

عنوان: ساخت یک عدد بست U شکل

نقشه شکل: یک ورق به ضخامت ۲ میلی‌متر را در نظر بگیرید و در ابتدا طبق نقشه عمل برش را انجام دهید. ابعاد نقشه بر حسب سانتی‌متر است.



شکل ۱۷- قطعه بریده شده



شکل ۱۸- محصول نهایی پس از خمکاری

ابزار مورد استفاده:
قیچی برش، گوه خمکاری یا سندان، چکش لاستیکی، سنبه ماتریس، خط‌کش،
ماژیک علامت‌زن، دستکش، لباس و عینک.
مراحل انجام کار:
نقشه‌خوانی، محاسبه طول گستردگی و حد مجاز، بررسی رعایت استانداردها
(خمکاری و موقعیت حفره‌ها) برش ورق، ایجاد حفره در محل‌های مورد نظر با
رعایت استاندارد، خمکاری و شکل‌دهی ورق با رعایت حداقل شعاع خمیدگی، جمع
کردن ابزار و تمیزکاری محل کارگاه

تحقیق کنید



در هنگام خمکاری با دست، چه نکات ایمنی را باید رعایت کرد؟

پاسخ:
۱- مطمئن باشید قطعه کار با گیره‌ها و نگهدارنده‌ها به‌خوبی مهار شده است.
۲- مکانیزم برقی و مکانیکی ماشین‌آلات خمکاری را به‌خوبی بشناسید و کنترل
کنید.
۳- از صفحات و قالب‌های مناسب با کار استفاده کنید.
۴- در حین کار از دستکش استفاده کنید.
هنگام استفاده از ماشین‌های خم‌کن، اصول ایمنی آنها را که به‌صورت برچسب بر
روی آنها نصب شده است، به‌دقت بخوانید و رعایت کنید

تحقیق کنید



درجه حرارت لازم برای خمکاری ورق‌های آلومینیوم چند است؟

پاسخ: بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ درجه، بسته به نوع آلومینیوم

کار در کلاس



کار در کلاس: با کمک هنرآموز، ملاحظات ایمنی خمکاری با حرارت را بیان کنید.

پاسخ:
۱- کلیه مواد و ابزار آتش‌زا و قابل اشتعال را از محل خمکاری دور کنید.
۲- اتاق کارگاه به سامانه تهویه مطبوع مناسب مجهز باشد.
۳- کپسول‌ها و مخازن گاز، باید عمودی قرار داده شوند و در جایی مناسب قرار
گیرند.

خمکاری ورق و پروفیل فلزی

- ۴- رگولاتورها در هنگام خمکاری با حرارت، صحیح تنظیم شوند و فشار کاری گاز اکسیژن و استیلن یا پروپان، از حداکثر مجاز فراتر نرود.
- ۵- در حین خمکاری با حرارت، دستگاه مجهز به خنثی کننده برگشت شعله باشد تا از برگشت شعله به کپسول گاز جلوگیری شود.
- ۶- هنرجویان از تعویض قطعات سامانه اکسیژن و گاز جداً پرهیز کنید و در صورت بروز مشکل، با مسئول آزمایشگاه مشورت نمایند.
- ۷- پایه‌های نگهدارنده قطعه کار به گونه‌ای ورق را نگه‌دارند که هنگام تغییر شکل، ورق نیفتد و یا موقعیتش تغییر نیابد.

تحقیق کنید



در روش خمکاری گرم و خمکاری داغ چه عیوبی پدید می‌آید؟

پاسخ:

غالب عیوبی که در جوشکاری با مشعل حاصل می‌شود، اینجا نیز پدید می‌آید. جدول ۱۴، خلاصه عیوب و علل آن را نشان می‌دهد:

جدول ۱۴- عیوب ناشی از جوشکاری با مشعل

ردیف	نام عیب	شرح عیب
۱	اعوجاج ورق	به دلیل ایجاد شعله بیش از حد مجاز، سرعت کمتر از حد مجاز مشعل روی ورق و رعایت نکردن زاویه و فاصله مشعل با محل مورد نظر برای خمش
۲	ذوب شدن ورق	رعایت نکردن شعله مشعل متناسب با نوع و ضخامت فلز
۳	خمش بیشتر یا کمتر از حد	رعایت نکردن درجه حرارت مشعل، نبود اکسیژن کافی برای سوختن گاز مشعل، افزایش یا کاهش سرعت حرکت مشعل، لرزش دست هنگام حرکت مشعل در مسیر مورد نظر، کثیف بودن سطح فلز



خمکاری با حرارت

یک ورق ۴ میلی‌متری با ابعاد 20×20 سانتی‌متر انتخاب کنید و قسمت وسط ورق را با علامت‌زنی و رعایت حد مجاز خمکاری، با استفاده از مشعل خم نمایید. مشعل حرارتی را تا زمانی روی ورق بگیرید که ورق تغییر رنگ دهد و قرمز شود. سپس با چکش کاری، ورق را خم کنید.

سلسله مراتب خمکاری به شکل زیر است:

- ۱- برش ورق
- ۲- علامت‌زنی ورق برای تعیین حد مجاز خمکاری
- ۳- قرار دادن ورق در گیره
- ۴- حرارت دادن ورق در حین خمکاری با چکش. یک مرحله حرارت‌دهی و یک مرحله چکش کاری.



شکل ۱۹- حرارت‌دهی ورق با مشعل برای تسهیل در خمکاری



واحد یادگیری ۳: خمکاری پروفیل و لوله

زمان آموزش	جمع: ۱۰ ساعت
------------	--------------

اهداف جزئی واحد یادگیری:

- شایستگی های فنی:

- ۱- استانداردهای خمکاری پروفیل ها را بداند و بتواند از آنها استفاده کند.
- ۲- روش های خمکاری پروفیل را بداند و بتواند پروفیل را به روش دستی خمکاری کند.
- ۳- روش های خمکاری لوله را بداند و بتواند به روش دستی آن را خمکاری کند.

- شایستگی های غیرفنی:

- ۱- در محیط کارگاه و کلاس، رعایت نظم و ترتیب و نظافت کاری، کارگروهی، مسئولیت پذیری، توجه به محیط زیست و اخلاق حرفه ای را یاد بگیرد.
- ۲- با استفاده از روش فناورانه و توسط اینترنت این واحد را یاد گیرد.

دانش‌افزایی

خمکاری پروفیل و لوله:

به دلیل اینکه ورق‌ها در مقاومت در برابر بارها و نیروها ضعیف هستند، هنگام ساخت شناور یا ساختمان یا هواپیما، از پروفیل‌ها برای تقویت و افزایش استحکام آنان استفاده می‌گردد. همچنین، به دلیل نیاز به خمکاری لوله با توجه به مقتضیات، به خصوص در سامانه‌های لوله‌کشی، لازم است با اصول اولیه و استانداردهای خمکاری لوله با دست و به صورت ماشینی آشنا شد.

خمکاری لوله:

با توجه به اهمیت فراوان سامانه لوله‌کشی در ساختمان‌کشی، ابزار و وسایل زیادی برای خمکاری لوله به کار می‌روند. این ابزارها هم دستی و هم ماشینی هستند. لوله را می‌توان هم به صورت سرد و هم به صورت گرم خم نمود. از جمله دلایل خمکاری لوله به جای استفاده از بست، پیچ و مهره و زانویی می‌توان به محدودیت جا برای استفاده از زانویی، هزینه و وزن بیشتر در ساختمان شناور، احتمال نشت در اتصالات و زانویی‌ها و نیز نیاز به تعمیر و نگهداری بیشتر اشاره کرد که خمکاری لوله کلیه محدودیت‌های مذکور را پوشش می‌دهد.

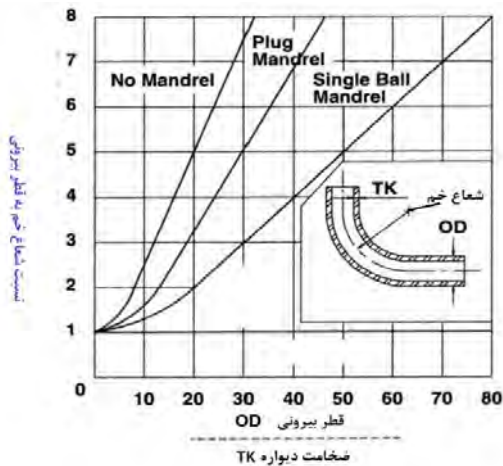
جدول ۱۵- عیوب اصلی به وجود آمده در خمکاری لوله‌ها، دلایل و راهکارهای رفع آنان

ردیف	نام عیب	توضیح عیب	راهکارهای پیشگیری و رفع عیب	شماتیک عیب
۱	چروک در حاشیه درونی خمکاری Wrinkled Bend	رعایت نکردن حداقل شعاع خمکاری ضخامت کمتر از حد لوله	رعایت حداقل شعاع خمکاری و ضخامت لوله	
۲	صاف شدن و کاهش زیاد قطر لوله در ناحیه خمکاری Flattened Bend	از لوله‌هایی استفاده شده است که بزرگتر از ظرفیت دستگاه خمکاری دستی است. لوله در حین خمکاری خراب شده است. قالب فشار خمکاری صحیح انتخاب نشده است.	استفاده از قالب خمکاری مناسب افزایش ضخامت لوله استفاده از قالب غلتکی به جای سنبه	
۳	ایجاد شکستگی در ناحیه خمکاری Kinked Bend	از لوله‌هایی استفاده شده است که از ظرفیت دستگاه خمکاری دستی بزرگ‌تر است. قبل از خمکاری، لوله به شکلی غیراستاندارد و بنا به دلایلی مانند جابجایی نامناسب لوله در قالب، ضربه و غیره کمی خم شده است.	استفاده از قالب خمکاری مناسب از قرارگیری صحیح لوله در دستگاه اطمینان حاصل شود.	
۴	ایجاد خط و چروک طولی روی بدنه لوله Scored Tubing	- استفاده از قالبی بزرگتر از قطر لوله در ابزار خمکاری - قالب خمکاری خراب شده است. - وجود اشیای ریز در بدنه قالب خمکاری - دستگاه خمکن جام کرده است.	- استفاده از قالب خمکاری مناسب - تعویض قالب خمکاری - پاک کردن قالب خمکاری - تعویض قالب یا در صورت لزوم تعویض کل ابزار خمکاری	

عیوب شماره ۱، ۲ و ۳ را می‌توان با قرار دادن یخ، نوع خاصی از گل و همچنین یک سری سیستم ساچمه حلقوی به نام مندرل (MANDREL) که در درون لوله و در ناحیه خمکاری قرار می‌گیرد، می‌توان برطرف کرد. شکل ۲۰، استفاده از مندرل برای خمکاری لوله را نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که مندرل‌ها نمونه‌های مختلفی دارند. شکل ۲۱ نیز تأثیر این ابزار را با توجه به نوع مندرل در کاهش حداقل شعاع خمیدگی لوله نشان می‌دهد.



شکل ۲۰- مندرل (سمت چپ) و نحوه به کارگیری آن در لوله حین فرایند خمکاری (سمت راست)

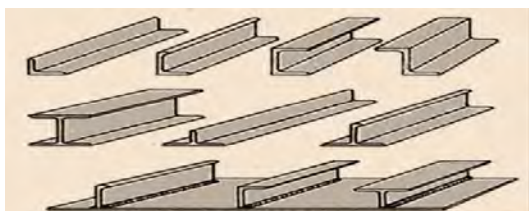


شکل ۲۱- تأثیر به کارگیری مندرل در حداقل شعاع خمیدگی مجاز

در مورد پروفیل‌های فولادی و آلومینیومی دریایی تحقیق کنید.



پاسخ: به دلیل اینکه پوستهٔ شناور که متشکل از ورق‌های خم شده است، توانایی تحمل فشارهای زیاد در دریا و تحت اثر بار خود را ندارد، از پروفیل‌ها برای تقویت بدنهٔ آن استفاده می‌شود. بسته به اینکه شناور چه اندازه و چه نوعی باشد و نیز با توجه به موقعیت‌های مختلف ساختمان کشتی، نوع و اندازهٔ پروفیل‌ها متفاوت است. شکل ۲۲ چند نمونه از این پروفیل‌های فولادی را نشان می‌دهد.



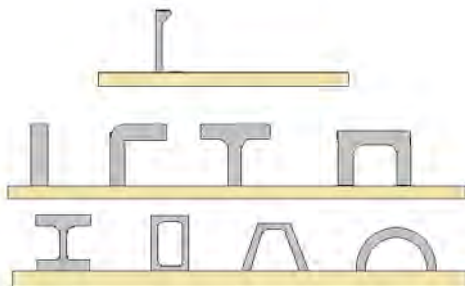
شکل ۲۲- پروفیل‌های فولادی مورد استفاده در صنایع دریایی

شکل ۲۳ نیز موقعیت چند نوع پروفیل فولادی را در ساختمان یک شناور کوچک نشان می‌دهد. ابعاد پروفیل‌های فولادی، استاندارد است و امروزه با توسعهٔ ساخت شناور در دنیا، تنوع زیادی در پروفیل‌ها مشاهده می‌گردد. جداول ۱۷ تا ۲۱ نیز تعدادی از پروفیل‌های فولادی استاندارد و نیز ابعاد آنها را نشان می‌دهد. این جداول در کتاب کار هنرجو نیز موجود است. از هنرآموز محترم تقاضا می‌شود هنرجویان را به کتاب کار ارجاع دهند.



شکل ۲۳- محل قرارگیری پروفیل‌های فولادی در ساختمان یک شناور

پروفیل‌های آلومینیومی مورد استفاده در ساخت شناورها نیز از نوع (HP, T) (که مخصوص دریایی است)، نبشی (L) و غیره است. شکل ۲۴ این پروفیل‌ها را به صورت کیفی نشان می‌دهد. پروفیل‌های آلومینیومی نیز همانند ورق، با ابعاد و سطح مقطع بزرگتری نسبت به پروفیل‌های فولادی انتخاب می‌گردند، چرا که مقاومت آنان نسبت به فولاد کمتر است.



شکل ۲۴- پروفیل‌های آلومینیومی مورد استفاده در ساخت شناور

از جمله مزایای استفاده از آلومینیوم، وزن کم و درصد پایین خوردگی و زنگ‌زدگی آن است. و از جمله معایب آن نیز مقاومت کمتر آن نسبت به فولاد و قیمت بالاتر نسبت به فلز فولاد است که استفاده زیاد از آن در صنایع دریایی را محدود می‌سازد. شکل ۲۵ اسکلت آلومینیومی یک شناور را که متشکل از پروفیل‌های مختلف است، نشان می‌دهد.



شکل ۲۵- اسکلت آلومینیومی یک نوع شناور متشکل از پروفیل و تقویتی

در کتاب همراه هنرجو، چند نوع از مهم‌ترین پروفیل‌های دریایی با مشخصات آنها در جدول آمده است.

عیوب بوجود آمده در خمکاری پروفیل چیست؟



پاسخ:

معمولاً زمانی که قسمت عمود بر صفحه خمیدگی، به سمت داخل خم می‌شود، چون فشرده می‌گردد، باعث ایجاد برجستگی و پیچ تاب می‌شود که می‌توان با چکش کاری یا فاق‌بری آن را برطرف کرد. شکل ۲۶ این نوع عیب را نشان می‌دهد.



شکل ۲۶- خمیدگی باله‌های پروفیل حین خمکاری

یکی از روش‌های مهم خمکاری سرد، روش چندنقطه‌ای (Multi Point Bending) است. تعیین کنید روش آن چیست و چه نمونه‌هایی از آن موجود است؟

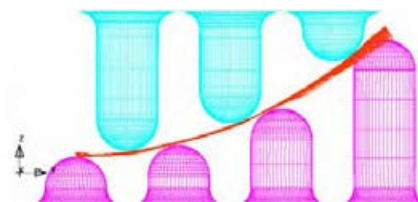
پاسخ:

امروزه ورقه‌های کشتی را به شکل سرد و با استفاده از ماشین‌آلات شکل‌دهی پیشرفته و مبتنی بر کامپیوتر خم می‌کنند. خمکاری ورق‌های کشتی، لازم است با تolerانس بسیار کم صورت بپذیرد و یکی از مهمترین مراحل ساخت و تعمیر کشتی به حساب می‌آید. یکی از مهم‌ترین این ماشین‌آلات، ماشین خمکاری چند-نقطه‌ای است. مکانیزم عملکرد آن بدین شکل است که سیستم از تعدادی گوه با قابلیت حرکت در راستای عمود تشکیل شده است که به آن پین می‌گویند. این گوه‌ها به صورت عمودی حرکت می‌کند و بر روی بستر ورق فشار می‌آورد تا اینکه ورق خم شود و به شکل دلخواه درآید. همچنین افزایش دقت و کاهش زمان نسبت به دو حالت دیگر خمکاری سرد و گرم (یعنی استفاده از غلتک یا مشعل)، از جمله مزایای آن است. در دو روش قبلی، تجربه افراد کارگاه بسیار مهم است، حال آنکه در این روش، این امر لزومی ندارد. مزیت اصلی این روش این است که پدیده برگشت فنری به بهترین شکل کنترل می‌گردد. گوه‌ها به شکل نیم‌کره هستند تا بتوانند بهترین فرم خمکاری بدون آسیب به ورق را وارد کنند. در طی چهار دهه اخیر، این نوع سامانه، رشد زیادی داشته و به گونه‌های مختلفی توسعه

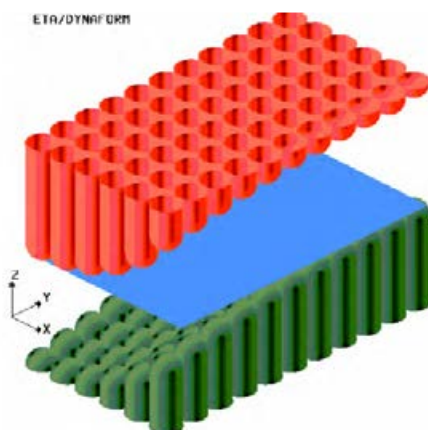
پیدا نموده است. شکل ۲۷ یک سمت این سامانه را نشان می‌دهد. شکل ۲۸ نیز
 طریقهٔ خمکاری ورق توسط این دستگاه را نشان می‌دهد.



شکل ۲۷- سامانهٔ خمش چندنقطه‌ای (یک سمت سامانه)



ETA/DYNAMFORM

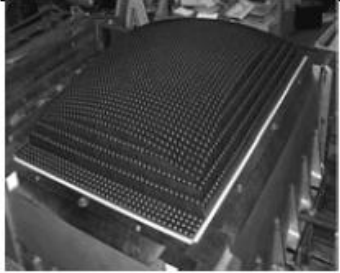
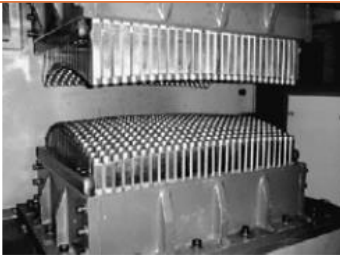
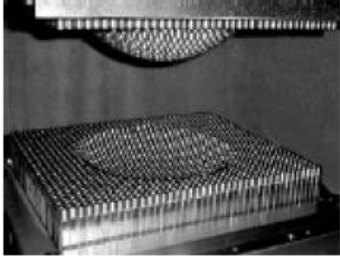


شکل ۲۸- مکانیزم خمکاری ورق در روش چندنقطه‌ای

خمکاری ورق و پروفیل فلزی

روش‌های مختلفی در سامانه خمکاری چندنقطه‌ای موجود است. جدول ۱۶، انواع روش‌های خمکاری چندنقطه‌ای را نشان می‌دهد.

جدول ۱۶- انواع روش‌های خمکاری چندنقطه‌ای

ردیف	نوع فرایند	نوع پیکربندی	نمونه‌های ظاهری	خصوصیات
۱	برای شکل‌دهی کششی	ثابت		هندسه و شکل قالب در طی فرایند ثابت است.
		متحرک		هندسه و شکل قالب در طی فرایند و با توجه به مسیر و نوع خمکاری تغییر می‌کند.
۲	برای ایجاد خمش	ثابت		هندسه و شکل قالب در طی فرایند ثابت است.
		متحرک		هندسه و شکل قالب در طی فرایند و با توجه به مسیر و نوع خمکاری تغییر می‌کند.
۳	برای کش‌دهی عمیق	ثابت		هندسه و شکل قالب در طی فرایند ثابت است.
		متحرک		هندسه و شکل قالب در طی فرایند و با توجه به مسیر و نوع خمکاری تغییر می‌کند.



تعیین کنید هر کدام از اجزای ساختمانی جدول ۲۲ با استفاده از چه ابزاری و به چه شکل خم شده‌اند.

جدول ۲۲- برخی از اجزای ساختمانی شناور و روش خمکاری به‌کاررفته در آنان

ردیف	نام جزء	روش خمکاری (پاسخ)
۱	پایه‌های نگهدارندهٔ محور پروانهٔ شناور	خمکاری با پرس (قالب V) به‌صورت حرارتی نیز می‌توان خم نمود.
۲	گیره‌های نگهداری حلقهٔ نجات در پیل فرماندهی و عرشه	خمکاری با پرس (قالب U)
۳	تقویتی‌های متصل به پوستهٔ شناور در کف	استفاده از دستگاه خمکاری پروفیل

ارزشیابی شایستگی خمکاری ورق و پروفیل فلزی

<p>شرح کار: شناسایی استانداردهای خمکاری و به کارگیری آنها مهارت خمکاری دستی و حرارتی در کارگاه مهارت خمکاری پروفیل و لوله در کارگاه</p>			
<p>استاندارد عملکرد: روش‌ها و تجهیزات خمکاری ورق، پروفیل و لوله را بشناسد، استانداردهای آن را بداند و مهارت خمکاری ورق و پروفیل با دست را بیاموزد.</p>			
<p>شاخص‌ها: - حداقل شعاع مجاز خمکاری با توجه به ضخامت ورق و پروفیل رعایت گردد. - ورق قبل از خمکاری، صحیح برش خورده باشد. - فاصله حفره‌ها از نواحی خمکاری بیش از حداقل مجاز باشد.</p>			
<p>شرایط انجام کار، ابزار و تجهیزات: شرایط: کارگاه ورق کاری با شرایط تهویه مناسب و نور کافی. ابزار و تجهیزات: خطکش فلزی، متر، گیره، چکش مخصوص خمکاری، ورق برش خورده طبق نقشه، ابزار اندازه‌گیری و علامت‌زنی، گوه.</p>			
<p>معیار شایستگی:</p>			
ردیف	مرحله کار	حداقل نمره قبولی از ۳	نمره هنرجو
۱	شناسایی استانداردهای خمکاری و به کارگیری آنها	۲	
۲	مهارت خمکاری دستی و حرارتی در کارگاه	۲	
۳	مهارت خمکاری پروفیل و لوله در کارگاه	۱	
	شایستگی‌های غیرفنی، ایمنی، بهداشت، توجهات زیست‌محیطی، و غیره ۱- رعایت نکات زیست‌محیطی ۲- رعایت نکات ایمنی ۳- رعایت اخلاق حرفه‌ای	۲	
	میانگین نمرات		*

* حداقل میانگین نمرات هنرجو برای قبولی و کسب شایستگی ۲ است.

