

الف) خلاصه ای از خمکاری

1. خمکاری سرد (پرس)

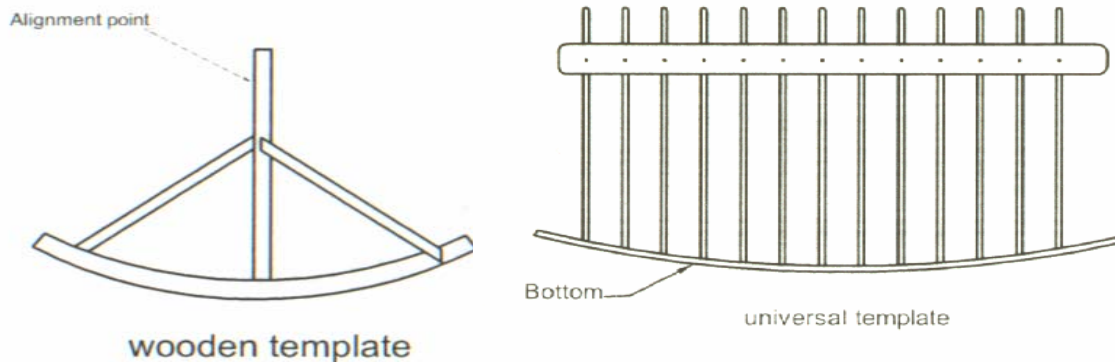
طرز عمل (رفتار) ورقها و مقاطع فولادی که با پرس تغییر شکل می یابند را خمکاری سرد می نامند . پرس اساسا برای خمکاری خشن و ناهموار ورقهای فولادی استفاده می شود . در نهایت خمکاری با پرس را در hat wall , hose pipe و خمکاری ورق پوسته در بدنه های موازی دیده میشود . خمش مقاطع فولادی و تسمه ها با پرس افقی صورت می گیرد در صورتی که این مقاطع دارای خم ملایم باشند ، و زمانی که مقاطع فولادی و تسمه ها دارای انحنای تند و تابدار باشند خمکاری گرم بعد از تصحیح ناهمواریها صورت میگیرد.

2. خمکاری گرم (حرارت دادن به صورت خطی و نقطه ای و ...)

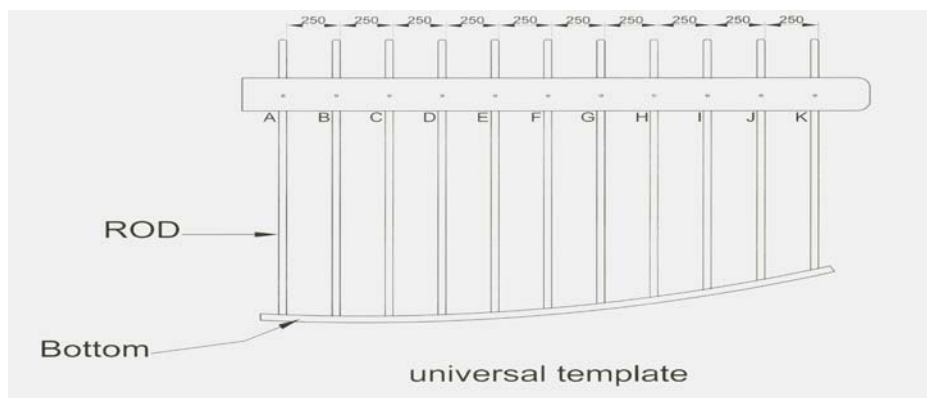
در مرحله خمکاری ورقهای پوسته ، ورقهایی با خم تند داند ، ابتدا با پرس ناهمواریهایشان برطرف میگردد سپس حرارت خطی داده می شود و ورقهایی که میخواهند خم ملایم داشته باشند فقط با خمش حرارتی خمکاریشان صورت میگیرد . وقتی که خمکاری به پایان رسید قالبهای چوبی یا قالبهای عمومی برای تصحیح خم ورقها بکاربرده میشود .

3. قالب (قالبهای چوبی و قالبهای عمومی)

قالبهای چوبی در مولدلافت ساخته می شود اساسا " برای ورقهایی با انحنای تند بکار می رود مثل ورقهای سینه و پاشنه و ورقهایی با عرضی بالاتر از 3 متر . قالبهای یونیورسال در مورد پلیتهای بدنه که انحنای ملایم دارند استفاده میشود و مطابق با جدول استخراج شده از بخش طراحی ساخت این قالبها ساخته می شود .



قالبهای یونیورسال در جلو ورق جایگزین میشود و در پشت ورق خطوط دیگر بدنه؟.

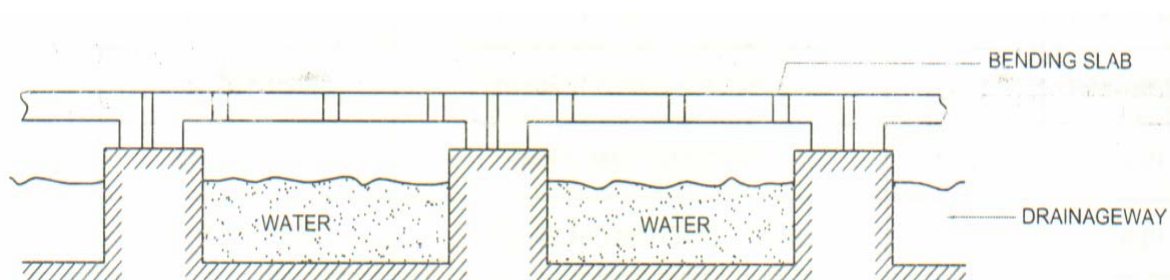


ب) وسایل و تجهیزات

1. میز کار

قالبهای خمکاری (BENDING SLABS) مانند میز کار بکار میرود، به منظور ثابت نگه داشتن قالبهای خمکاری از پین و گیره استفاده میکنند.

قالبهای خمکاری اگر از چدن ساخته شود بهتر است و اگر از یک ورق کلفت یک پارچه ساخته شود شایسته تر است. آب باید در درین زیر قالب ریخته شود در حالی که در فضای باقی مانده از گاز پر نشود. در مورد نشت گاز یک نشت یاب (موج یاب) باید در زیر میز نصب گردد.



2. ابزار

چراغ حرارتی (با تیزی نوک بزرگ و کوچک)، فندک، شلنگ، روغن جک هیدرولیکی، جک، چکش بزرگ، گوه چوبی، گوه فولادی، مجموعه پین ها، بلوکهای چوبی، استامپ نجاری، نخ (رشته)، گچ، قالب یونیورسال، گچ، گچ حرارتی

ج) استانداردهای کار

1. درجه حرارت و سرعت حرارت

درجه حرارت باید ماکزیمم 950 درجه سانتیگراد باشد و هرگز نباید از این تجاوز کند. دما در حرارت به صورت خطی باید بین 500-900 درجه سانتیگراد باشد و در حرارت به صورت نقطه ای دما برای ورقهای کلفت (ضخامتهای بالاتر از 20 میل) باید بین 700-950 درجه سانتیگراد باشد، در مورد ورقهای نازکتر با ضخامت پایین تر 600-800 درجه سانتیگراد باشد.

سرعت حرارت در حرارت خطی باید مطابق با جدول زیر مطابق با ضخامت ورق تغییر کند .

Plate thickness	8 mm	14 mm	More than 15 mm
Heating speed	900-800 mm/min	600-300 mm/min	300 mm/min

یک گچ حرارتی باید به منظور گرفتن درجه حرارت وجود داشته باشد. تغییر رنگ سطح ورق فولادی در درجه حرارت های مختلف در جدول زیر آمده است :

Heating temperature	650 C	900 C	More than 1000 C
color	Colored scarlet	Colored light pink	Glittered golden

2. روش سرد کردن

وقتی که ورقهای فولادی (فولاد نوع نرم) حرارت خطی می بیند باید با آب سرد شود نازل آب باید تقریباً "به فاصله 50 میلی متری از مشعل گاز قرار گیرد ، و در حرارت به صورت نقطه ای ورقهای فولادی باید فوراً" با آب سرد شود .

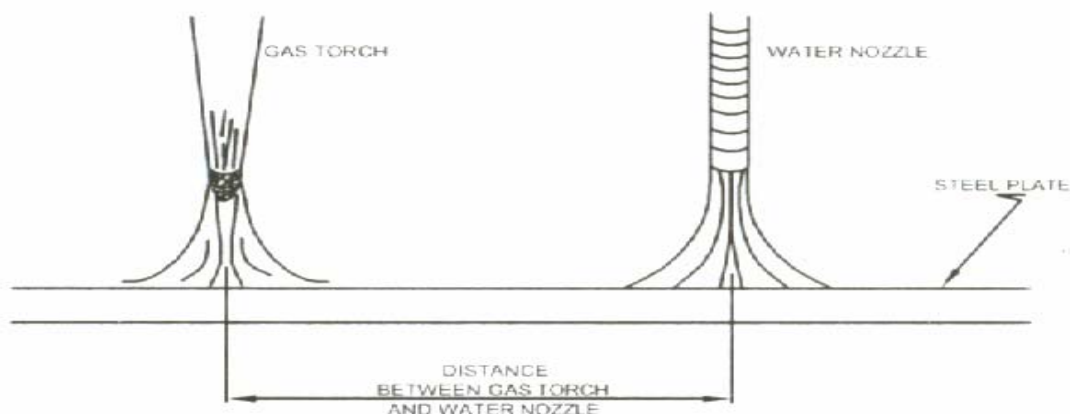
3. درجه حرارت و روش سردکاری فولادهای مقاومت بالا (H.T.S)

الف) ماکزیمم درجه حرارت بین 800-900 درجه سانتیگراد افزایش پیدا میکند در مورد ورقهای با مقاومت بالا "E" این ورقها بعد از حرارت دیدن باید با هوا سرد گردند .

ب) وقتی ماکزیمم درجه حرارت بین 600-650 درجه سانتیگراد باشد در مورد ورقهای مقاومت بالا این ورقها باید بعد از حرارت دیدن فوراً" با آب سرد شوند .

ج) وقتی ماکزیمم درجه حرارت بین 800-900 درجه سانتیگراد باشد در مورد ورقهای مقاومت بالا بعد از حرارت دیدن ابتدا باید با هوا سرد شوند بعد باید با آب سرد شوند . اما درجه حرارت نباید از 500 درجه سانتیگراد کمتر شود هنگامی که سرد کردن با آب شروع می شود . سپس وقتی نازل آب اسپری می شود فاصله مشعل گاز از نازل آب با فاصله مطابق با آنچه در جدول زیر آمده باشد . به شکل زیر که نحوه قرار گیری مشعل و نازل را نشان می دهد دقت کنید .

Heating speed	900-600 mm/min	600-300 mm/min	300 mm/min
Distance from torch to nozzle (acetylene gashating)	100 mm	150 mm	200 mm
Distance from torch to nozzle (propan gas heating)	200 mm	300 mm	400 mm



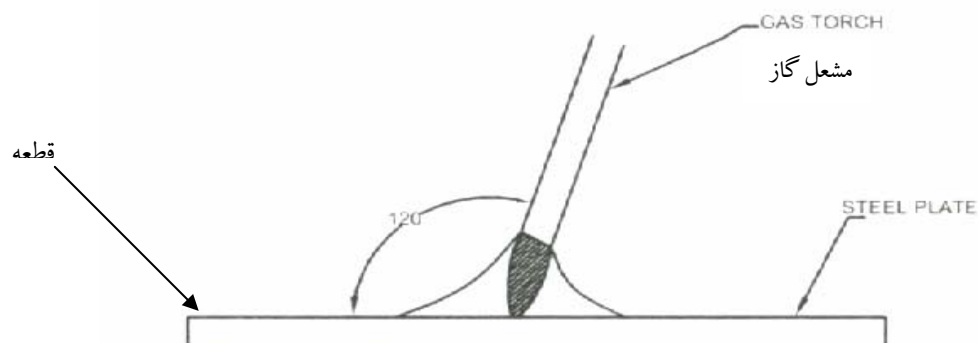
4. چگونگی انتخاب یک مشعل گاز و یک چراغ حرارتی

یک مشعل باید مطابق با جدول زیر انتخاب گردد. در حرارت خطی باریال، چراغ نوع GII برای گاز استیلن استفاده شود و نوع MH برای گاز پروپان استفاده شود.

Plate thickness	Less than 8 mm	More than 8 mm
Torch number (with acetylene gas)	# 2,500	# 2,500
Torch number (with prpane gas)	# 3,000	# 4,000

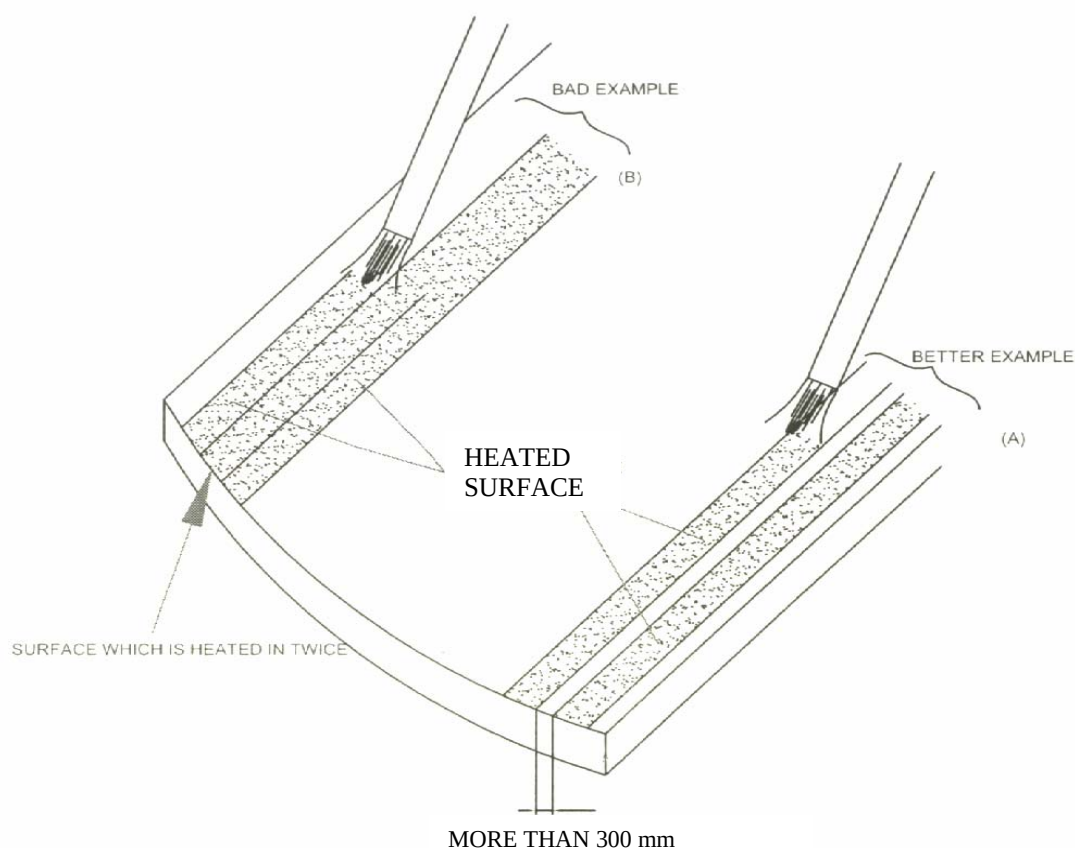
5. موقعیت قرار گیری مشعل گاز

داغترین قسمت شعله را بر روی ورق قرار دهید . قطعه (ورق) حدود 15 میلیمتر زیر نوک مشعل قرار میگیرد این در حالتی که گاز استیلن باشد و وقتی گاز پروپان باشد قطعه حدود 35 میلیمتر زیر نوک مشعل قرار می گیرد .
چنانچه آب روی شعله گاز ریخته شود گاز استیلن باعث بوجود آمدن روشنایی (برق فلاش) می شود بنابراین باید شعله مشعل گاز از حالت مستقیم کج شود و تحت زاویه تقریباً 120 درجه قرار می گیرد . مطابق با شکل زیر



6. فواصل خطوط حرارت

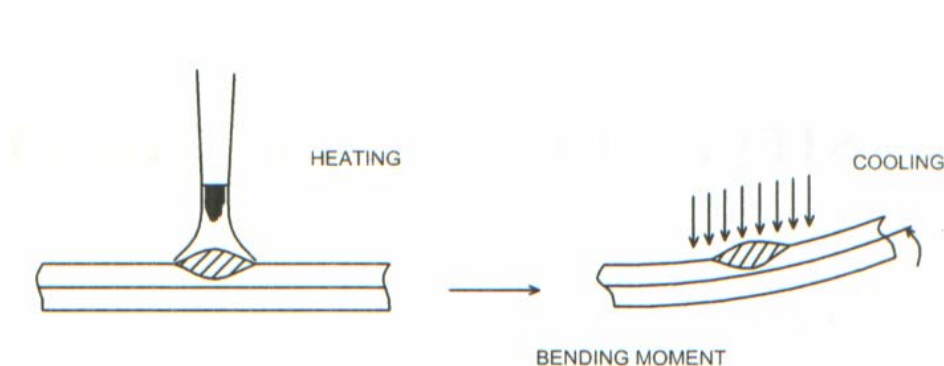
در حرارت به صورت خطی قبل از خمکاری، خطوط حرارتی باید معمولاً در فاصله 150-200 میلیمتر کشیده شود که این اندازه بسته به مقدار خم تغییر می یابد. وقتی نقصی در خم وجود داشته باشد ورقها باید دوباره حرارت ببیند البته بین خطوط حرارتی، حال فاصله بین این خطوط باید از 300 میلیمتر بیشتر باشد. شکل A حرارت به صورت تابدار (پیچ دار) مثل شکل B باید تا حد ممکن از بوجود آمدنش جلوگیری گردد زیرا که اثر خمکاری (خم شده گی) کاهش می یابد.



د) روشهای حرارت دادن

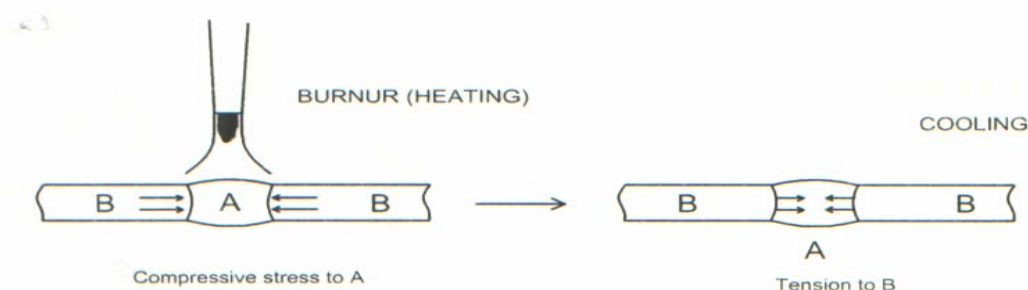
1. حرارت خطی

طرز عمل یک ورق است که خم میشود از طریق جمع شدن (کوچک شدن) به وسیله حرارت دیدن و سرد شدن سطح ورق به سرعت، این را حرارت خطی گویند. مشعل گاز باید به صورت مستقیم حرکت کند. وقتی که یک اختلاف بزرگ بین درجه حرارت سطح رویی و پشتی ورق باشد، ورق باید با آب سرد شود. شکل زیر



2. حرارت نقطه ای

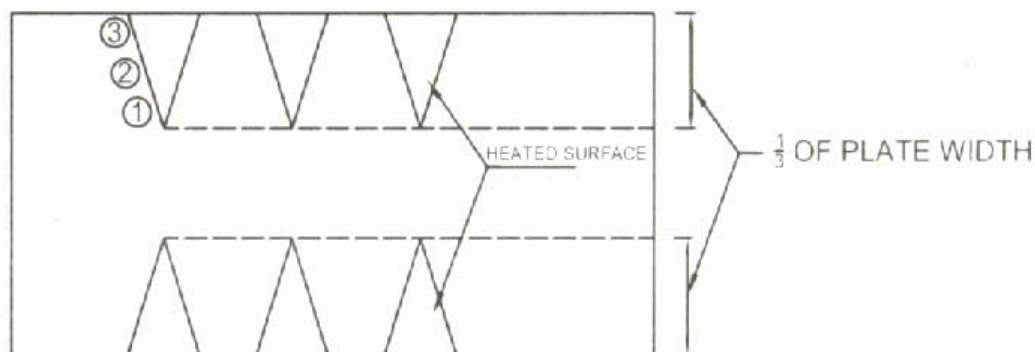
طرز عمل یک ورق است که خم میشود از طریق حرارت دیدن و سرد شدن سطح ورق به سرعت به صورت ایجاد حرارت در یک نقطه از ورق را حرارت نقطه ای گویند. حرارت نقطه ای برای تاب دادن یا پیچاندن یک ورق یا کم کردن سطح یک ورق استفاده می شود. معمولاً "مشعل گاز باید در شعاع حدود 50 میلیمتری حرکت دورانی کند."



3.

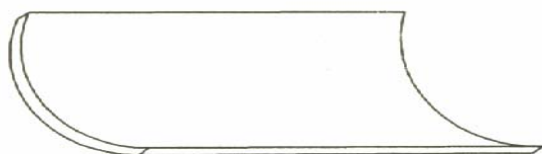
حرارت مثلثی

حرارت مثلثی برای کم کردن سطح ورق (جمع شدن) یا برای خم کردن فریم بکار می رود. در حرارت مثلثی سطح یک ورق باید به صورت یک مثلث بلند و باریک حرارت ببیند. ورق باید مطابق باشکلی زیر و به ترتیب در شماره های 1 و 2 و 3 حرارت ببیند (از وسط به سمت گوشه).



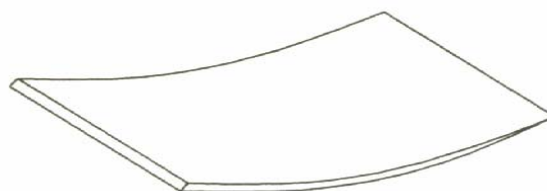
ه) (طریقه عمل

خم ها تقسیم می شوند به خم افقی (عرضی)، خم طولی، خم تابدار (پیچش) و خم شدن با کاهش سطح ورق. شکل زیر



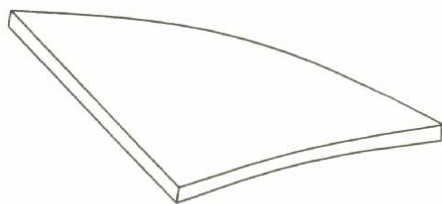
LATERAL BENDING

خم افقی



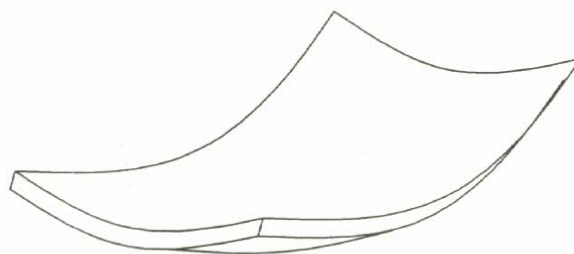
LONGITUDINAL BENDING

خم طولی



TORSION

پیچش ، تاب خوردگی



REDUCTION OF AREA

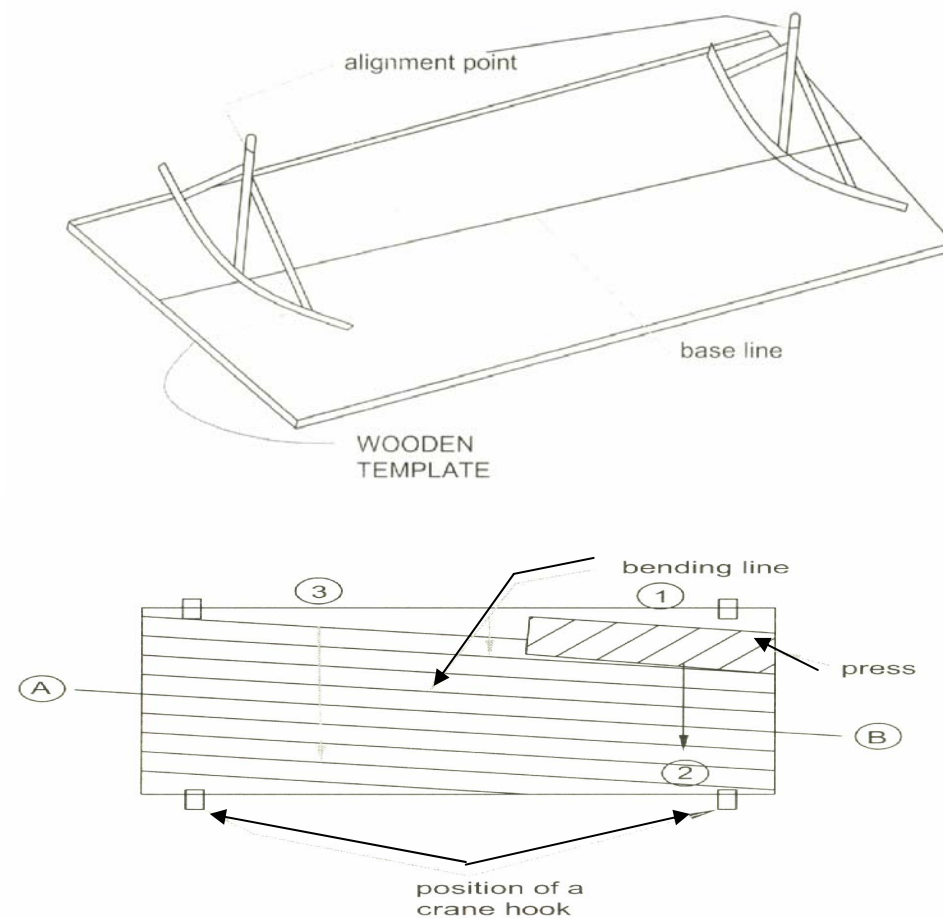
خم کاهش سطح

1. خم ناهموار با ماشین پرس

معمولا ورقها ابتدا با پرس صاف می شوند سپس با حرارت خم می شوند .

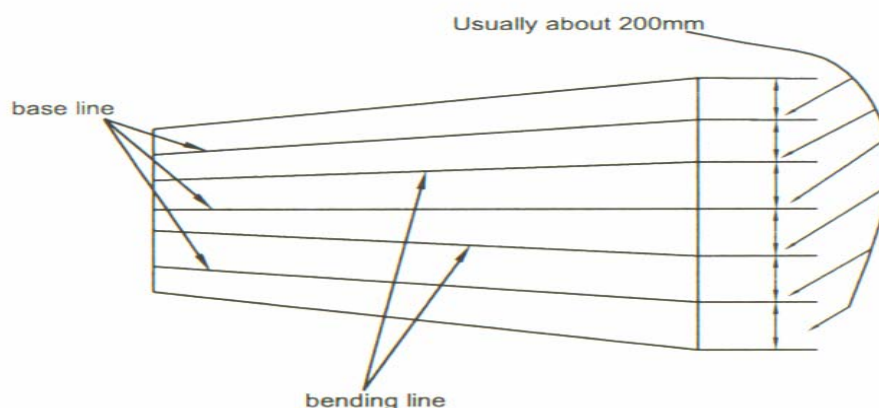
الف) یک ورق که خم یکنواخت (یکسان) دارد

1. قالب چوبی را روی ورق قرار می دهند تمام نقاط هم تراز قالب را تراز می کنیم بعد در نقاطی که قالب چوبی با ورق تماس دارد علامت زده می شود . خطی که از اتصال این نقاط بدست می آید خط پایه است .
2. خطوط خمکاری به موازات خط پایه و به فواصل حدود 200 میلیمتر به طوریکه با مقدار خم ورق مطابقت کند ، کشیده میشود .
3. ورق را با جرثقیل در جای خود قرار می دهند و ورق از دو طرف روی خط خمکاری پرس می شود .
4. مطابق با شکل زیر ورق روی خطوط خمکاری و مطابق با شماره های 1 تا 3 پرس می شود . بجای کار کردن یک جرثقیل دو کارگر همچنین می توانند در موقعیتهای A,B پرس را روی خط خمکاری انجام دهند .



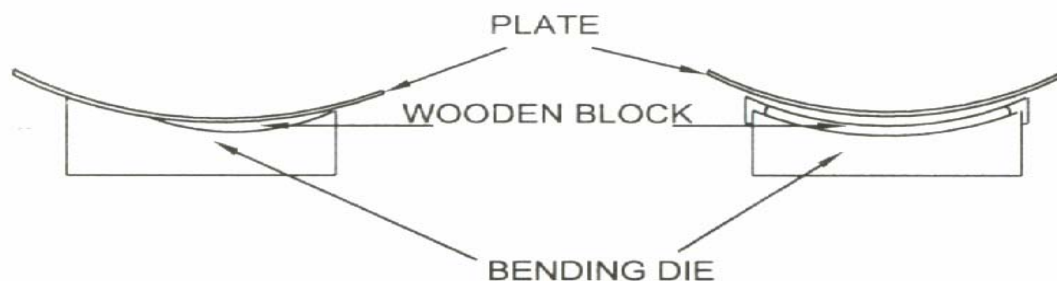
ب) یک ورق که خمهای متفاوت در قسمتهای عقب و جلو دارد

1. هر کدام از قالبها را در قسمت جلو و عقب ورق قرار می دهند. تمام نقاط هم تراز قالب را تراز می کنیم و علامت گذاری خط خمکاری مطابق با مراحل 1 قسمت الف میباشد با این تفاوت که علامت باید نزدیک به وسط ورق قرار گیرد و خط پایه با دو علامت کشیده شود.
2. هر کدام از قالبها به طرف یکی از سمتهای ورق حرکت میکند. علامت گذاری کنید و خط پایه بعدی را بکشید. (حرکت دهید و علامت گذاری کنید و روی سمت دیگر همچنین بکشید). شکل 4
3. خطوط خمکاری را در فواصل مساوی بین خطوط پایه بکشید. شکل 4
4. این مرحله مطابق با مرحله چهارم قسمت الف انجام دهید.



شکل (4)

نکته : اگر شعاع قالب خمکاری (bending die) با شعاع خم ورق متفاوت باشد باید بلوک های چوبی روی قالب خمکاری قرار گیرد به شکل زیر نگاه کنید .



2. خمکاری گرم ورقهای بدنه کشتی که دارای خم افقی و طولی هستند (ورقهای بیلج که خم زیاد دارند)

مثال 1.

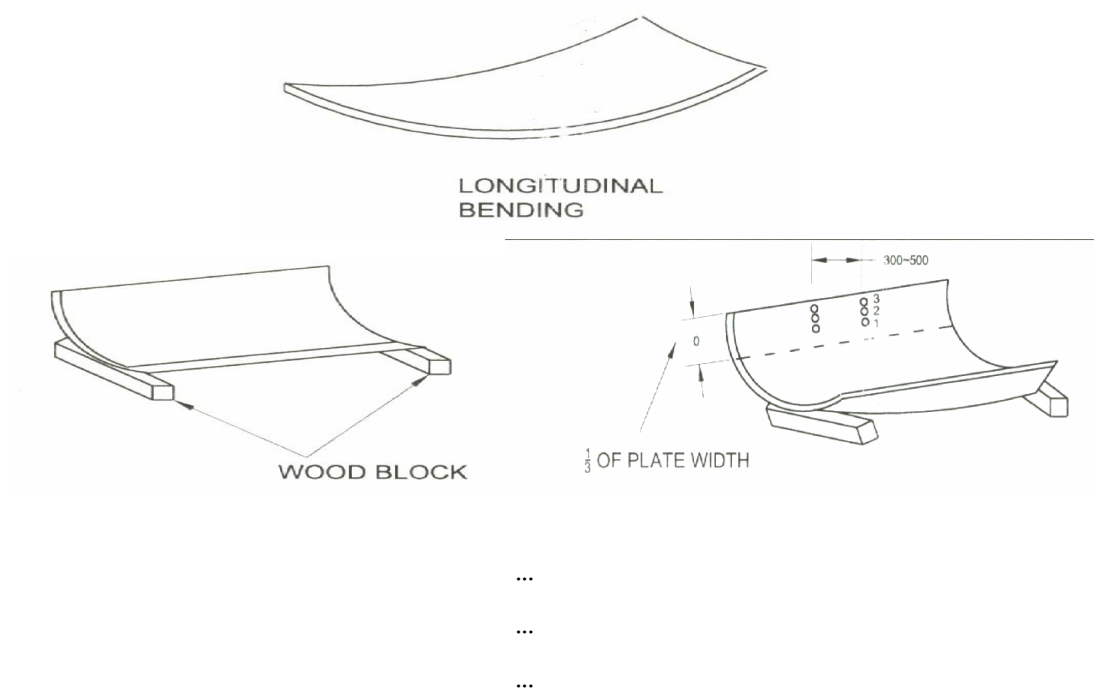
1. ابتدا ورقی که ناهمواری آن با پرس گرفته شده را برداشته سپس بلوکهای چوبی را در زیر هر انتهای ورق قرار

می دهیم .

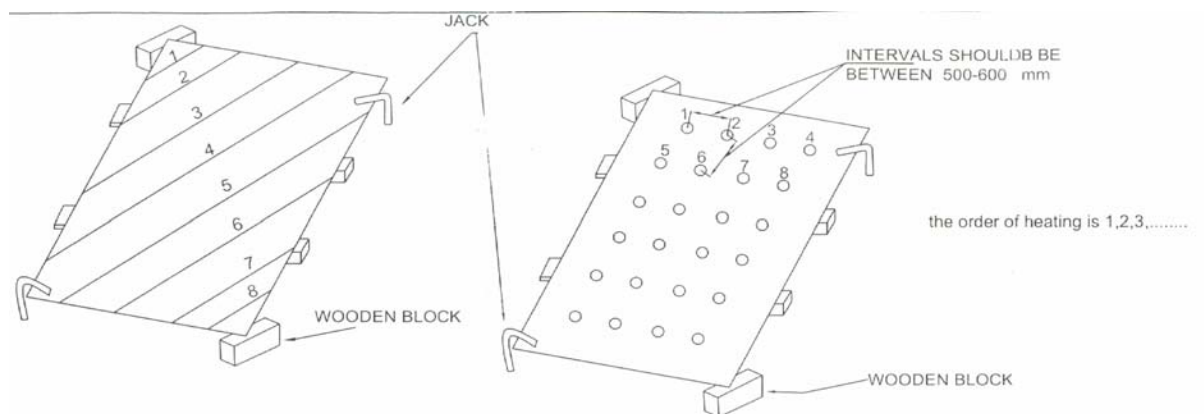
2. برای بوجود آمدن خم عرضی باحرارت خطی مطابق با قالب ، یک ورق که سائز آن از قالب کوچکتر است خم میشود .

3. برای چک کردن چگونگی خم طولی با قالبها ، قسمتهایی از ورق که می خواهد خم شود علامت گذاری می گردد بعد حرارت مطابق با شماره های 1 تا 3 به ورق داده می شود مطابق با شکل زیر

4. برای چک کردن اینکه یک ورق با شابلون درست خم شده یا نه دو حالت را داریم : یک ورق کمتر از حد ممکن خم شده باشد باید مرحله سوم بالا تکرار گردد(مرور) و اگر یک ورق بیشتر از حد ممکن خم شده باشد باید ورق از سمت پشت حرارت ببیند .



4. خم حرارتی ورقهای تابدار پوسته کشتی



4. خم پوسیدگی ورقهای تابدار و ورقهایی که مقدار کمی انحنای دارند (ورقهای ساید)

که باید از روش حرارت نقطه ای استفاده گردد.

1. قالب را روی ورق قرار دهید و ورق را به وسیله جکها و گوه های چوبی و بلوکهای چوبی محکم و ثابت کنید .
2. تمام نقاط همترازی قالب را تراز کنید و همه خطوط خم طولی را همزمان یکی بعد از دیگری بکشید .
3. هنگامیکه حرارت نقطه ای روی روق اعمال می گردد سرد کردن با آب هم صورت می گیرد .

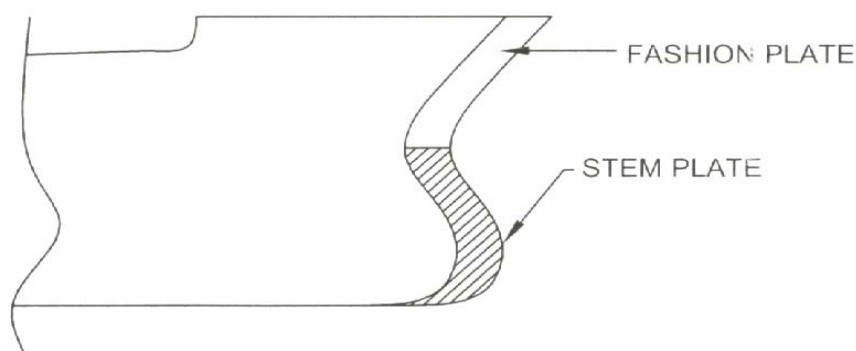
4. قبل از برداشتن جکها اگر پیچ و تابهای کوچکی در ورق باشد ورق دوباره حرارت نقطه ای می بیند در میان نقاط قبلی.
5. تابهای ورق با قالب چک گردد.

5. ساخت مدلی از ورق دماغه

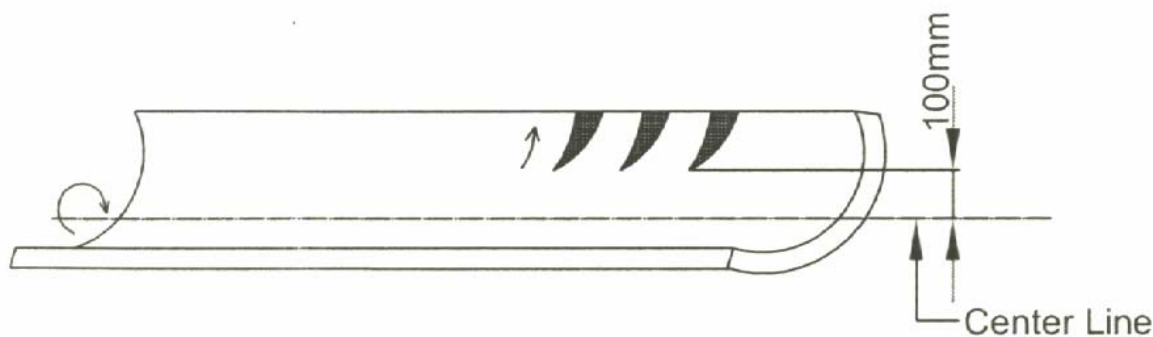
ورق مدل دماغه مطابق با شکل زیر به دو قسمت تقسیم می شود ورق دماغه و ورق مدل .

الف) ورق دماغه (stem plate)

چنانچه ورق دماغه ، خم تیز طولی دارد غیر ممکن است که فقط با یک ماشین هیدرولیکی (پرس) بتوان خم دماغه را بوجود آورد. (عموماً خمهای طولی و عرضی باید با حرارت جزیی بوجود بیاید)



1. مقدار خم باید قبل از کار با شابلونها تائید و تثبیت شده باشد .
2. یک ورق که بصورت عرضی (افقی) و کمتر از اندازه واقعی خم کرده برای ورق دماغه آماده می کنیم .
3. ورق دماغه رابه صورت مثلثی حرارت می دهیم از خطی که به موازات خط مرکزی و با دو طرف 100میلیمتر فاصله دارد مطابق با شکل زیر . بعد از حرارت دادن در فواصل کوتاه مثلثی اگر دیدید کاهش سطح زیاد است دو طرف سطح (از مرکز به سمت اطراف) باید به صورت متناوب حرارت داده شود .



4. خم را با قالب چک کنید .

ب) ورق مدل (fashion plate)

1. در ابتدا خمکاری یک ورق به صورت عرضی خم کنید .

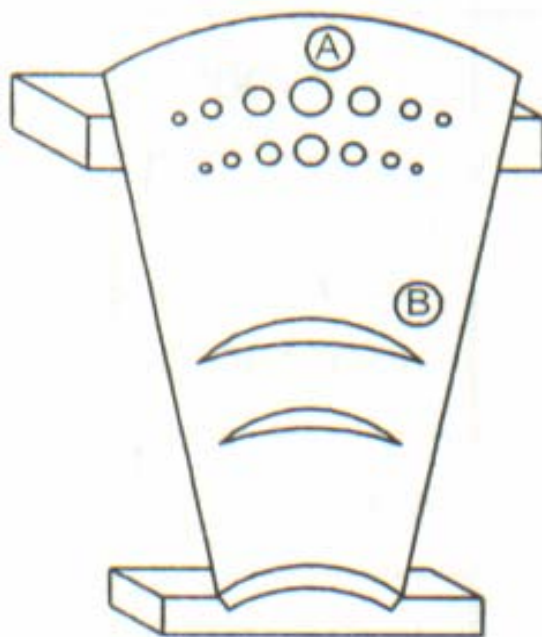
2. مقدار خم را چک کنید و ورق را به سمت معکوس بچرخانید .

3. ورق را حرارت دهید مطابق با شکل و متناوباً "1 و 2 و 3 ...

A : وقتی است که مقدار خم زیاد است

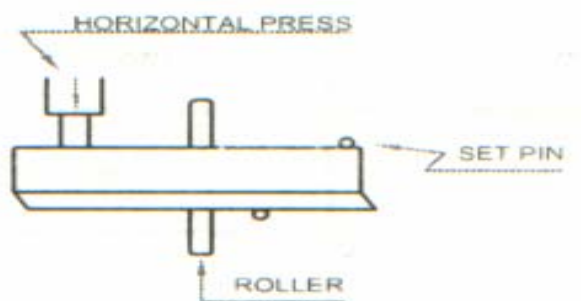
B : وقتی مقدار خم کم می باشد

4. خم را با شابلون چک کنید .



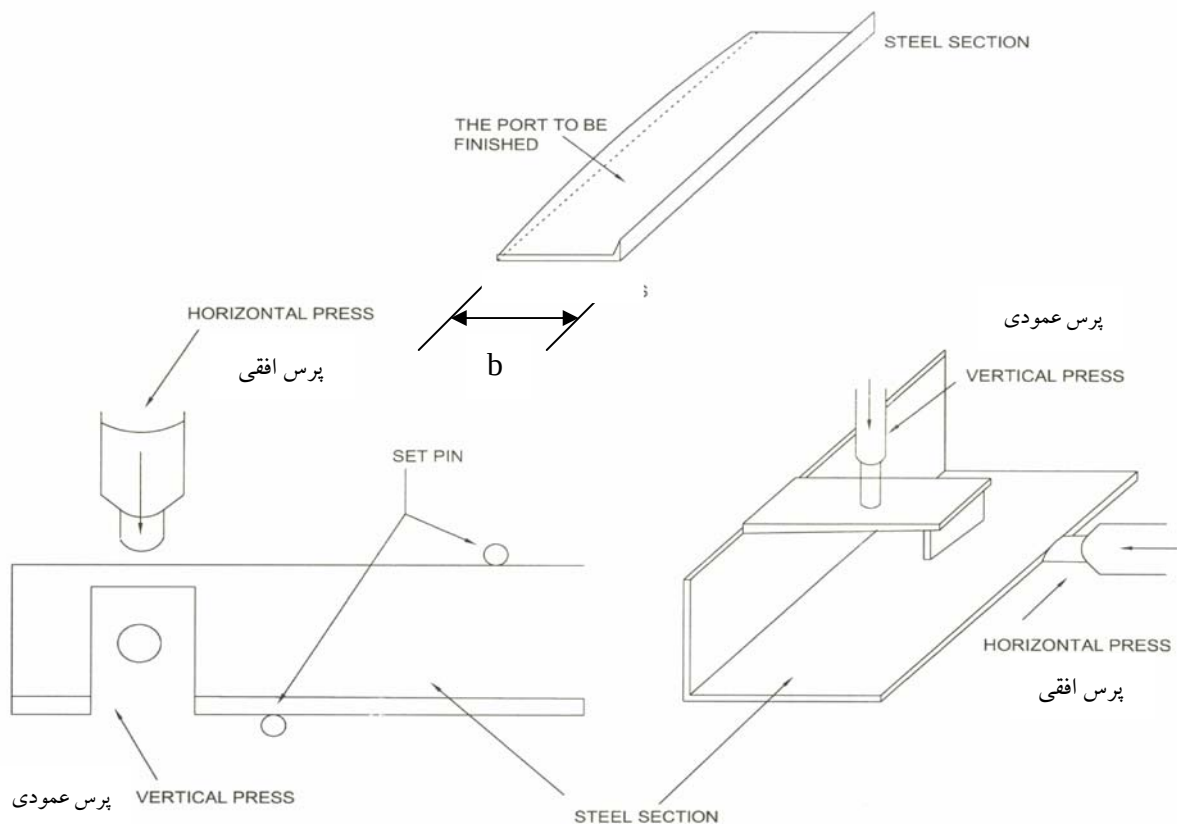
6. ساخت مقاطع فولادی (تصحیح خم ایجاد شده در مقاطع فولادی)

مقاطع فولادی به وسیله پرس افقی و خطوط معکوس مستقیم بدون قالب خم می شوند (اگر خم مختلط (پیچیده) وجود نداشته باشد) سپس از پرس عمودی استفاده می شود مثل اینکه از ابتدا خمیده نشده بود .



الف (مقاطع فولادی که انحنا بیرونی (خارجی) دارند

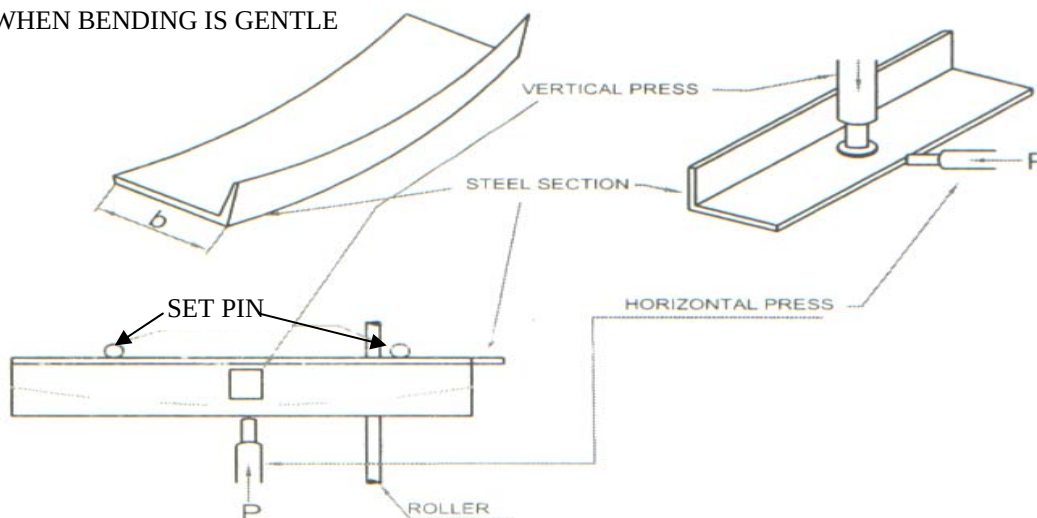
1. یک مقطع فولادی را آماده می کنیم .
2. پرس از انتها شروع می شود تا وقتی که انحنا از اطراف (کناره ها به خط راست تبدیل شود.
3. قسمتهای نا تمام با حرارت مثلی به پایان می رسانید (توجه : هر دو طرف انتهایی مقاطع فولادی نباید به اندازه معین بریده شود بلکه مقداری بیشتر باید در نظر گرفته شود .)



ب) مقاطع فولادی که انحنا داخلی دارند

مقاطع فولادی که انحنا به سمت داخل دارند اگر با مقاطع فولادی که انحنا بیرونی دارند مقایسه گردند خمیدگی متفاوت دارند اما روش تصحیح برای هر دو مشابه می باشد. مراحل پایانی قسمتهای ناتمام در شکل 0 زیر شرح داده شده است . دقت لازم را بکار ببرید تا تغییر شکل به سمت داخل نداشته باشیم .

WHEN BENDING IS SHARP
WHEN BENDING IS GENTLE

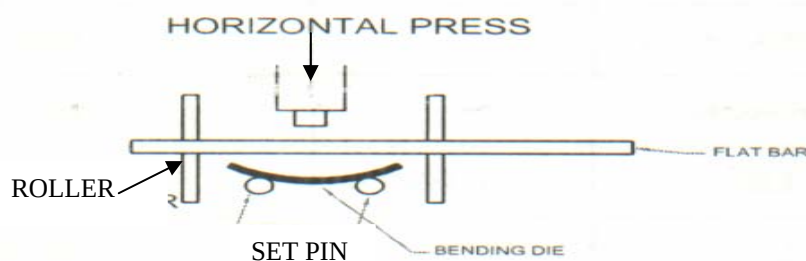


ج) مقاطع فولادی که پیچ و تابدارند
برای خم کردن مقاطع فولادی با این خصوصیات مراحل اول تا سوم قسمت 6 بند الف را اجرا کنید، بعداً برای از بین بردن پیچ و تابها آنها را با قالب چک کنید.

7. ساخت تسمه ها

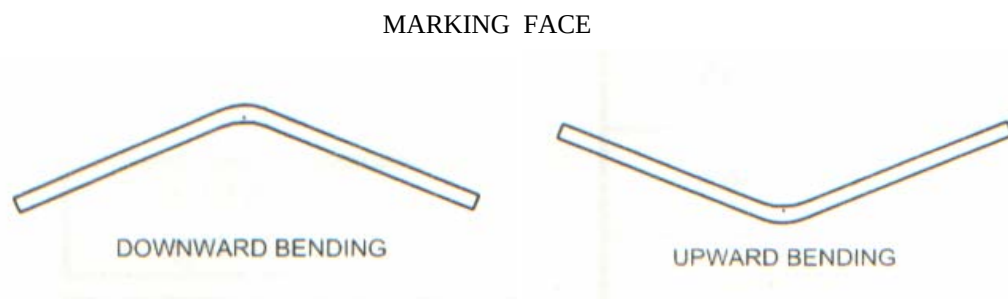
خمکاری و ساخت تسمه ها با پرس افقی صورت می گیرد. با چند پین قالب زیر خم را روی میز کار ثابت می کنیم اگر شعاع قالب زیر خم مشکل ایجاد می کند از قالبی که شعاع مناسب دارد استفاده کنید.

1. روی تسمه را که می خواهید خم کنید را مطابق شکل قرار دهید.
2. روی تسمه را که می خواهید خم کنید را مطابق شکل قرار دهید.
3. برای خم کردن از انتها و مطابق با قالب زیرین کار کنید.
4. خم را با قالب چک کنید.



8. خمکاری بند انگشتی

قالب پرس را دقیقاً روی خط خمکاری قرار دهید. خم کردن یک ورق مطابق با زاویه اشاره شده صورت می گیرد و مقدار زاویه با زاویه سنج مبنا چک می گردد تا زاویه درست خم مورد قبول واقع شود. سپس خم روبه بالا یا روبه پایین انتخاب می گردد. معیار بالا یا پایین بودن با marking face صورت میگیرد.

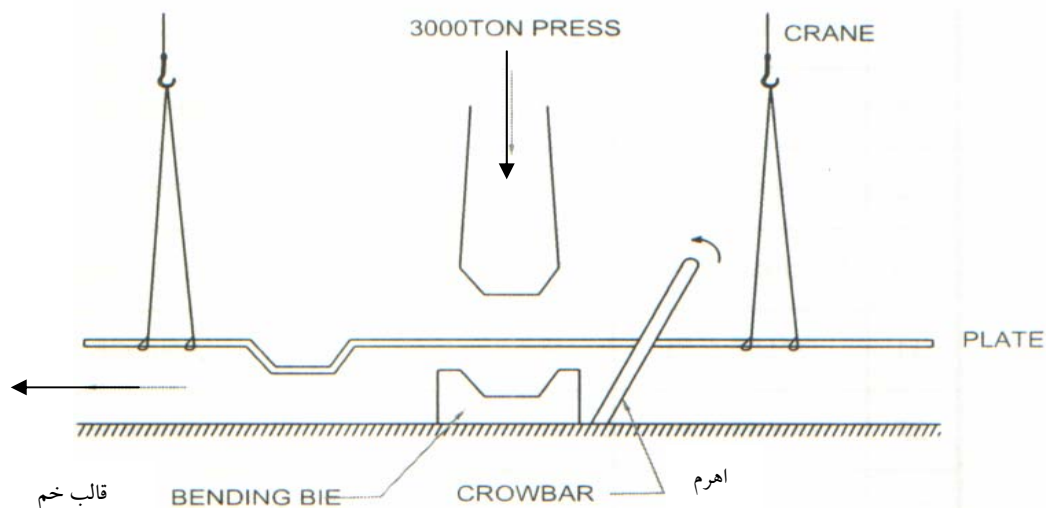


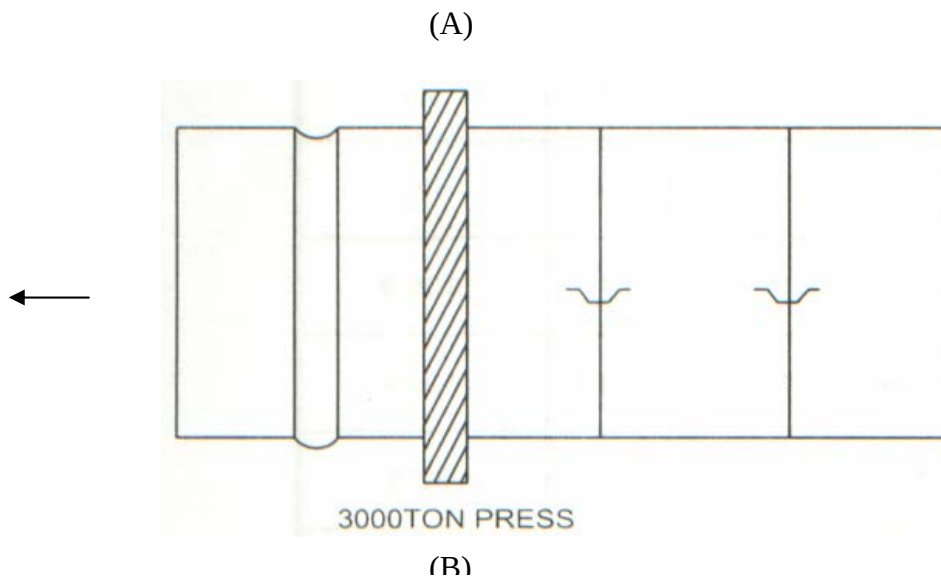
9. ساخت دیواره های کنگره دار

دو نوع دیواره کنگره دار مطابق با ضخامت ورق وجود دارد.

thickness	8-9 mm	6-7 mm
type	Type 4	Type 3

1. قالب پرس 3000 تنی برای ایجاد دیواره های کنگره دار استفاده می شود.
2. ورق را با جرثقیل و اهرم از روی قالب خم حرکت می دهیم.
3. برای پرس کردن ورق باید مرکز پرس را با خط خم در یک راستا قرار دهیم.
4. ورق را همتراز با جرثقیلها قرار دهید و نباید وزن ابزارهای بالا برنده بیش از اندازه باشد وقتی ورق پرس می شود. هر کدام از کارگرهایی که در موقعیت A, B قرار دارند باید ورق را در چنین موقعیتی که خط خمکاری در موقعیت معین قرار گیرد، قرار دهند. و ورق با جرثقیل حرکت میکند طوری که تمام فشار بر روی ورق اعمال گردد. شکل زیر



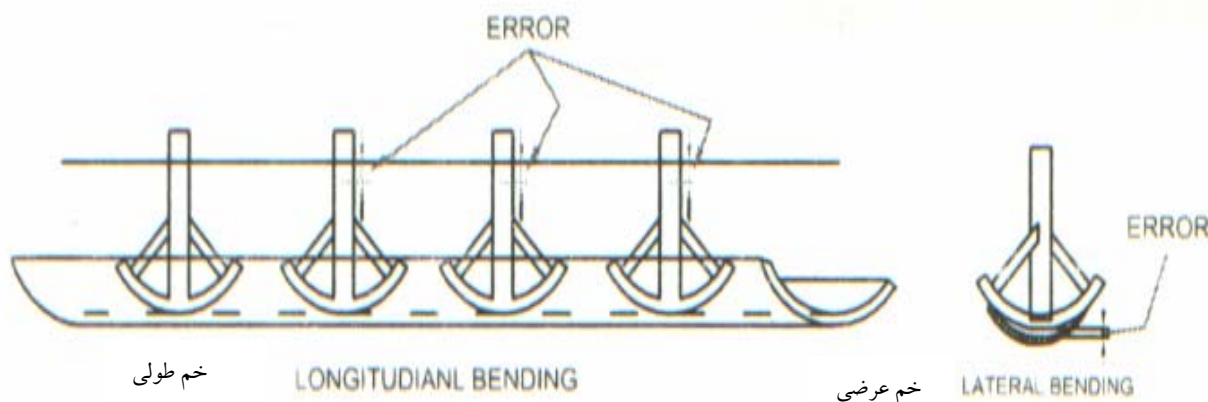


10. دقت و صحت خمکاری

در خمکاری طولی ورقهای پوسته در صورتی دقت می تواند وجود داشته باشد که اختلافی بین خط معین شده و نقطه هم ترازى قالب وجود نداشته باشد .

دقت در خمکاری عرضی ورقهای پوسته از آنجا نتیجه می شود که فاصله شابلون با ورق باید در محدوده مجاز باشد . بیشترین مقدار اختلاف باید در نظر گرفته شود .

	Standard range	Limit of allowance
Longitudinal bending	+3,-3 mm	+5,-5 mm
Lateral bending	+3,-3 mm	+5,-5 mm



برای تصحیح دیواره های کنگره دار از جدول زیر استفاده می کنیم . به شکل توجه کنید .

	Standard range	Limit of allowance
Depth	+2,-2 mm	+3,-3 mm

Interval	+2,-2 mm	+3,-3 mm
----------	----------	----------



10-1) استاندارد کار برای strain - freeing (تصحیح تغییر شکلهای)

10-1-1) ابزار لازم (استفاده شونده)

الف) ابزار اصلی

مشعل گاز - شلنگ استیلن - شلنگ اکسیژن - فندک - نازل آب - شلنگ آب و مخزن آب

ب) ابزار جانبی

کلنگ - اهرم (جرثقیل دستی) - قلاب هرزگرد - چکش یا پتک - آچار ضربه ای

ج) قرقه های کمکی

قرقه های لبه راست کن - قرقه های جعبه شکل حرارتی - قرقه های یو شکل -

د) سایر

گوه فولادی - پیچ و مهره - واشر - طناب الاستیک (قابل ارتجاع) و

10-2) دمای گرم کردن و روشهای سرد کردن فولاد

ارتباط نزدیکی بین دمای گرم کردن و روش سرد کردن فولاد وجود دارد.

روش سرد کردن به دو روش سرد کردن با هوا و سرد کردن با آب تقسیم می شوند که هر یک دارای خصوصیات زیر می باشند:

سرد کردن با هوا: هیچگونه تغییری در کیفیت فلز ایجاد نمی شود، اعوجاج های زاویه دار ناشی از سرد کردن با هوا معمولاً بزرگتر از اعوجاجهای زاویه دار در سرد کردن با آب می باشند زیرا فلز توسط هوا به آرامی خنک می شود.

سرد کردن با آب: تغییرات معین در کیفیت فلز ایجاد می شود، بنابراین دمای سطح فلز باید در ابتدای سرد کردن به طرز دقیقی مراقبت شود، زیرا آب به سرعت فلز را سرد می کند.

به هر حال سرد کردن با آب معمولاً به خاطر تسریع کردن عمل خنک شدن اعوجاجهای زاویه ای کوچکتري را داریم و بالا بردن بازده کاری، بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

مراحل مختلف روشها برای فلزات به شرح زیر می باشد :

(1) فولاد معمولی به جزء گرید E فولاد

فلز بایستی پس از حرارت دیدن در دماهای 650-900 سانتیگراد (رنگ قرمز تیره تا صورتی روشن) توسط آب سرد شود. میتوان سرد کردن را بلافاصله بعد از حرارت دادن انجام داد اما فاصله 100 تا 150 میلیمتری بین نوک مشعل گاز و نازل آب باید رعایت گردد. سرد کردن فلز تا درجه حرارت 200-450 درجه سانتیگراد (حد شکنندگی فلز) و همچنین در دمای بالاتر از 1000 درجه (در زمان شروع تغییر رنگ و روشن شدن از قرمز به زرد) ممنوع می باشد.

(2) گرید E فولاد نرم با خاصیت کشسانی بالا

هر زمان درجه حرارت بالای 650 درجه سانتیگراد باشد، سرد کردن باید به سرعت انجام شود. چنانچه دمای گرم کردن بین 700 تا 900 درجه سانتیگراد باشد خنک کردن بایستی توسط هوا صورت پذیرد و زمانی توسط آب سرد شود که ابتدا دما به روش خنک کردن با هوا به 500 درجه سانتیگراد تقلیل یافته باشد. از آنجا که تقریباً 40 ثانیه زمان مورد نیاز است تا دمای 700 تا 900 درجه به 500 درجه تقلیل یابد، فاصله مشعل گاز تا نازل آب، بسته به ضخامت ورق بایستی بین 200 تا 500 میلیمتر باشد. در زمان انجام کار بر روی فولاد نرم گرید E با کشسانی بالا از گچهای حرارتی برای تعیین درجه حرارت بعنوان مرجع استفاده می شود. (انواع گچهای حرارتی در دماهای مختلف تغییر رنگ می دهند از این رو میتوان از آنها به عنوان دماسنج برای ثبت دما استفاده کرد).

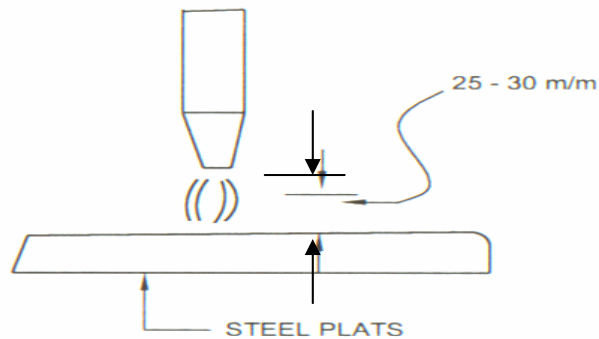
3-10-1) فرآیند های اصولی برای کشش آزاد (مستقل) strain-freeing

حرارت خطی

(1)

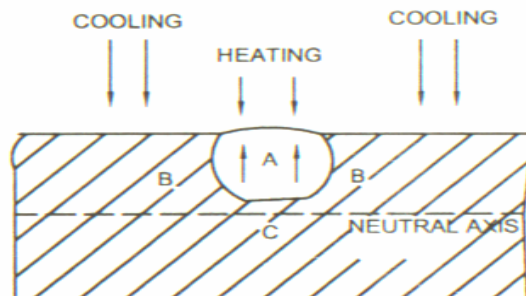
این یک روش برای خمکاری فلز میباشد. در این روش، ورق توسط آب پس از حرارت دادن با مشعلی که 25 تا 30 میلیمتر با سطح ورق فاصله دارد و با سرعتهای نشان داده شده در جدول زیر روی خط مسقیم حرکت می کند و سرد میشود. به جدول زیر توجه کنید.

Plate thickness (mm)	Heating speed mm/min
6-8	700-1000
10-14	500-1000
16-22	800-350
28 - 24	300-600



الف) در هنگام حرارت دادن :

قسمت A: در شکل زیر تنش فشارنده ناشی از انبساط گاز بر روی این قسمت تاثیر گذاشته و با بالا رفتن حرارت ، تنش در این نقطه از ورق به yield point میرسد در نتیجه ورق به سمت ضخامت خود منبسط می شود و یک تغییر شکل پلاستیک در آن ایجاد می شود .

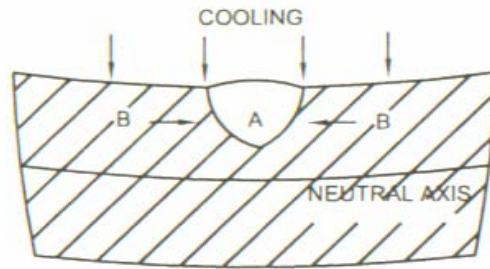


قسمت B: این قسمت یک محدوده الاستیک (تحت فرایند خنک کردن با آب) است و قسمت A را محدود می کند .

قسمت C: با توجه به ضخامت ورق ، ممکن است در این محدوده به علت تنش فشارنده ماوراء yield point تغییر شکل پلاستیک رخ میدهد . اما معمولاً تغییر شکلها در این محدوده الاستیک می باشد .

ب) در هنگام سرد کردن :

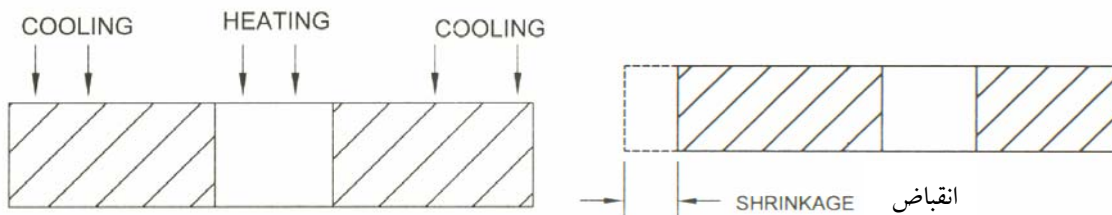
قسمت A: در این قسمت به علت باقیماندن حرارتی که قبلاً بود یک تغییر پلاستیک رخ می دهد . این قسمت مناطق اطراف را به سمت خود می کشد در زمانی که جمع میشود و yield point آن توسط سرد کردن بالا می رود



قسمت B: به علت جمع شدن قسمت A تنش کششی ناشی از آن روی این قسمت تاثیر گذاشته و باعث ایجاد یک گشاور در جهت مخالف تار خنثی خنثی می شود بنابراین ورق خم میشود.. به شکل بالا توجه کنید .

1. حرارت دادن نقطه ای (MOXA CAUTERY)

این روش حرارت دادن است که در آن ، دما به داخل ضخامت ورق نفوذ می کند و بیشتر در مواقعی استفاده می شود که جمع شدن ورق مهمتر از خم شدن آن است . به شکل زیر توجه کنید .



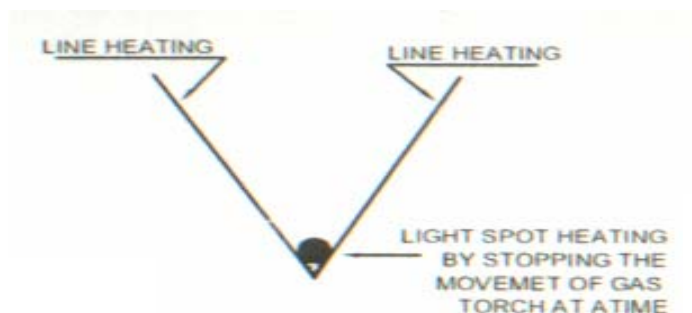
این روش بیشتر در سوپر استراکچرها استفاده میشود به منظور فرم دهی اما امروزه به دلایل زیر به ندرت به کار گرفته میشود :

1. ظاهر بد ناشی از ظاهر شدن نقاط حرارت دیده
2. آسان بودن استفاده از روش تغییر شکل دادن با دماهای بسیار زیاد

3. حرارت دادن به شکل V

این روش ترکیبی از روشهای حرارت خطی و نقطه ای میباشد . این روش برای ورقهای نازک روی سوپر استرکچر و ... و بصورت تکرار V و به خاطر ظاهر نسبتاً خوب آن بکار می رود.

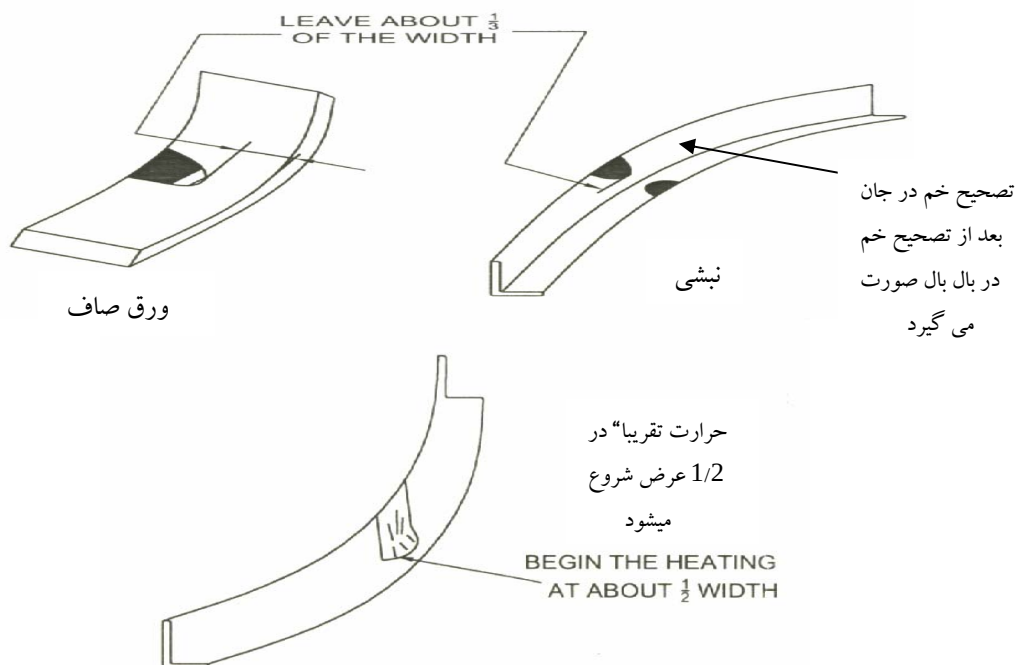
حرارت خطی

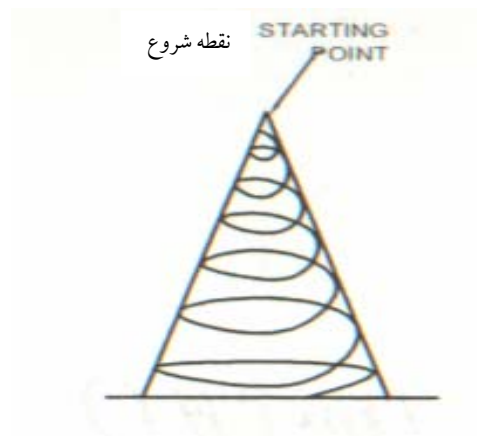


حرارت نقطه ای سبک به وسیله توقف حرکت
مشعل در یک زمان در این نقطه بوجود می آید

4. حرارت دادن مثلی

این روش برای اصلاح خم ایجاد شده در فریمهای فلزی، ساخت فریمها، FLAT BAR و.... بکار می رود. حرارت دهی بصورتی که در ضخامت ورق نفوذ کند و با توجه به حالت خم مورد نیاز مطابق با طرح زیر انجام می شود. در این روش 1/2 تا 2/3 عرض قطعات به منظور ایجاد اصلاح موثر، بایستی حرارت داده شود. فرایند حرارت دادن مثلی: حرارت باید از راس یک مثلث متساوی الساقین شروع شود و در مسیر بیضی های کوچکی که بتدریج بزرگ میشوند، در امتداد 2 ساق مثلث ادامه یابد. نازل آب باید 100 تا 150 میلیمتر با نوک مشعل گاز فاصله داشته باشد. 1/3 از عرض رها می شود





5. قرمز کردن - گداخته کردن موضعی (RED HEATING)

این روش برای اصلاح کنگره های عمیقی بکار می رود که در اثر تصادم ، غلتش ، واژگونی و یا نصب یک بلوک ایجاد شده اند کنگره بایستی تا حد قرمز شدن حرارت داده شود و در زمانی که فلز نرم شد ، با پتک صاف شود . آب نباید استفاده گردد .

4-10-1) فرآیند STRAIN-FREEING به روشهای گوناگون و مثالهای واقعی (بهم پیوستن) :

1) دندانه های پرچین و موج دار (JADE)

الف) شکل دندانه های موج دار

دندانه های موج دار مکرر ، به دلیل کشیده شدن ورق به سمت STIFFNER (تقویت کننده ها) و با جمع شدن ورق در اثر جوش فیلت تقویت کننده به آن ایجاد می شود .

دندانه های موجی

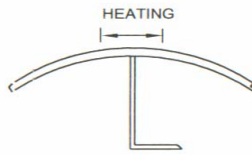


ب) روش اصلاح دندانه های موج دار

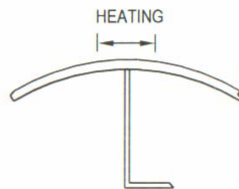
ورقی که دارای دندانه های موج دار است بایستی فقط روی تقویت کننده های آن حرارت داده شود (حرارت خطی) و به روش سرد شدن با هوا خنک گردد . دو روش حرارت دهی وجود دارد حرارت خطی واحد SINGLE LINE HEATING و حرارت خطی دوتایی DOUBLE LINE HEATING که هر دوی اینها BACK BURNING نامیده می شوند .

1. SINGLE LINE HEATING : این روش حرارت دادن ، برای جایی که برای کاهش و صاف کردن انتهای زیادی

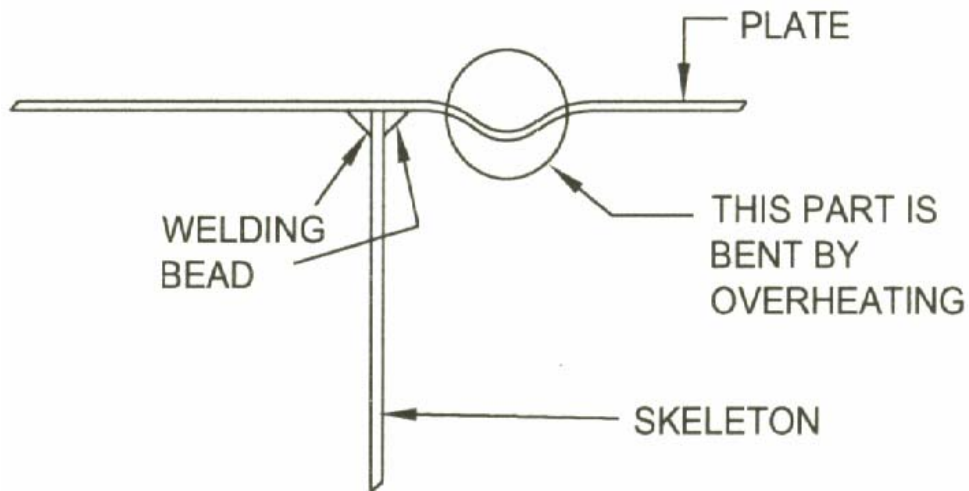
جوشهای نازک بالای تقویت کننده ها بکار می رود . موارد استفاده آن : الف) دندانه های کم ب) اصلاح دندانه ها



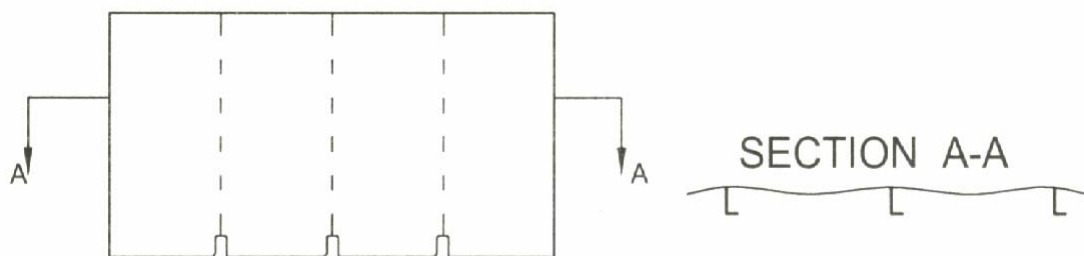
2. DOUBLE LINE HEATING : در این روش که برای دستیابی به ظاهری نسبتاً خوب به کار میرود ، دو طرف جوشهای فیلت تقویت کننده ها حرارت داده میشود .



OVER HEAT (حرارت باتر) در روش BACK BURNING مجاز نمی باشد حتی اگر دندانه ها به طور قابل ملاحظه ای بزرگ باشند و در صورت رخ دادن پدیده فوق ، ورق مطابق با طرح زیر دچار خمیدگی خواهد شد .



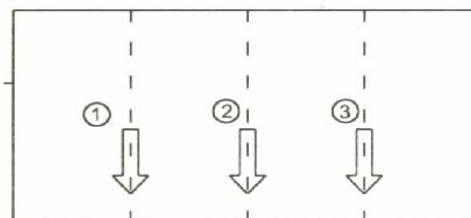
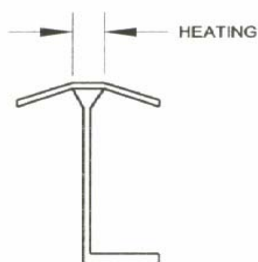
ج (مثالهای واقعی از اصلاح موجهای دندانه دار روی ورق کف ، و
1. شکل دندانه (کنگره)



2. روش گرم کردن:

الف) اندازه دندانها بایستی مورد بازبینی و مطالعه قرار گیرد.

ب) مطابق شکل نشان داده شده در زیر پشت تقویت کننده ها معمولاً یکبار از لبه کناری ورق شروع شده بعد به نوبت نشان داده شده در شکل حرارت خطی داده می شود.

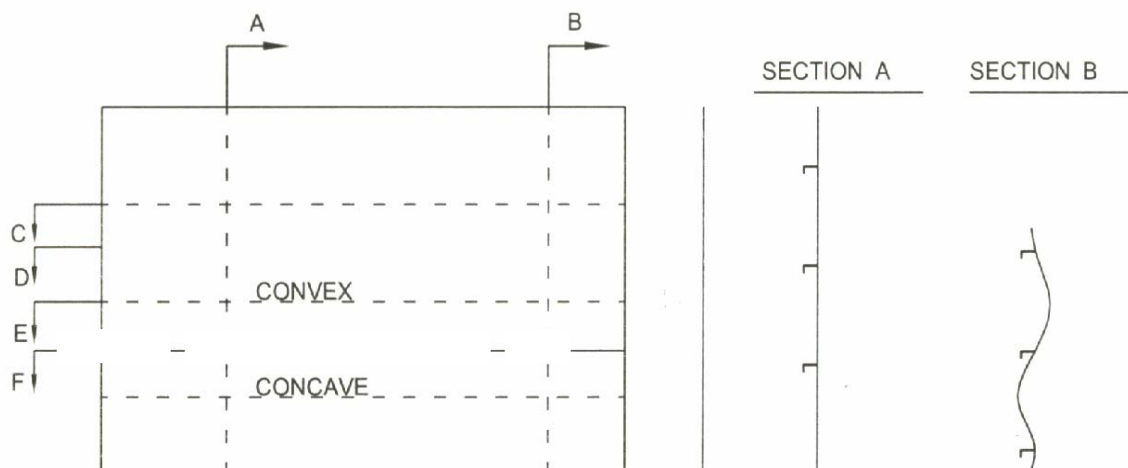


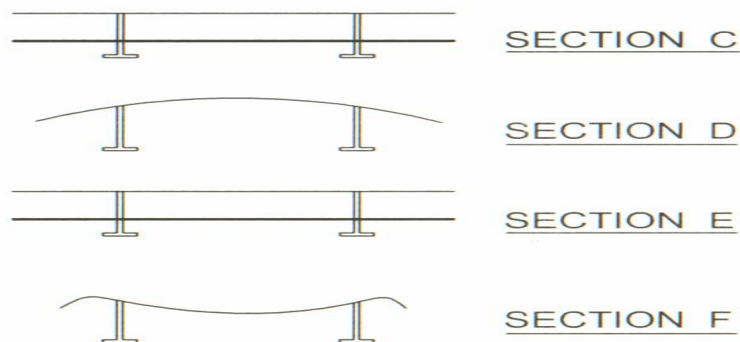
ج) ورقهای نازک نباید بیش از اندازه داغ شوند.

د) خنک کردن با آب در حالت معمول نباید انجام شود.

2. تغییر شکلهای مچاله شدن

الف) شکل تغییر شکلهای مچاله ای: تغییر شکلهای بی قاعده نشان داده شده در زیر را تغییر شکلهای مچاله ای گویند و به طور مکرر در سوپراستراکچر یافت میشود.



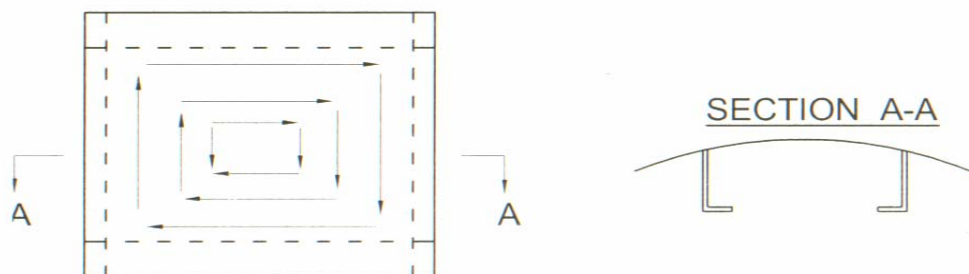


ب) فرآیند اصلاح ورق مچاله شده :

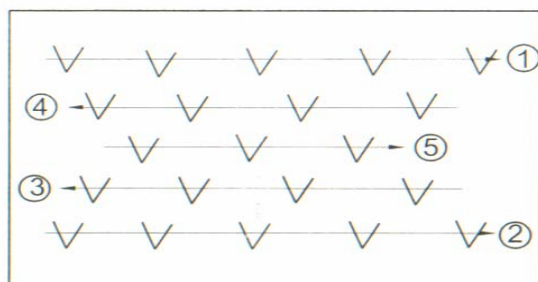
1. روش BACK BURNING : ورق تغییر شکل یافته باید به طرف تقویت کننده ها کشیده شود و توسط حرارت دهی به قسمت پشت تقویت کننده ها نیروی بازگرداننده داده شود تا به راحتی قسمت تغییر شکل یافته توسط حرارت دهی به قسمت تغییر شکل نیافته اصلاح گردد .

2. گداختن قسمت محدب (burning of convex portion)

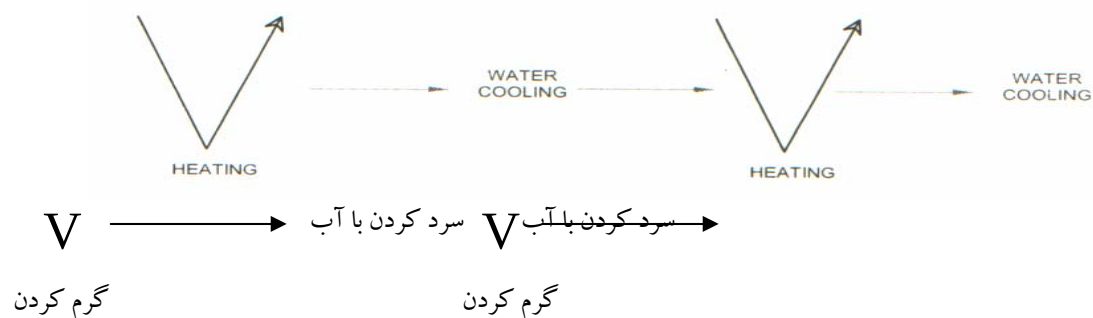
در این روش ورق از کنار تقویت کننده ها (قسمت تغییر شکل نیافته) گداخته می شود تا وسط ورق که دارای تقویت کننده نمی باشد ، علامت های موجود در شکل فوق ترتیب حرارت دادن را نمایش می دهد . به شکل زیر توجه کنید .



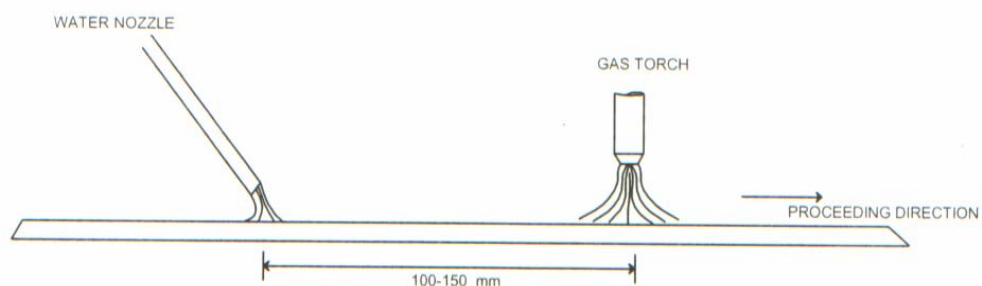
(مثال : برای حرارت دهی ۷ شکل این شکل از حرارت (۷) به علاوه حرارت خطی مطابق شکل و در سوپراستراکچر استفاده میشود . به شکل زیر توجه کنید)



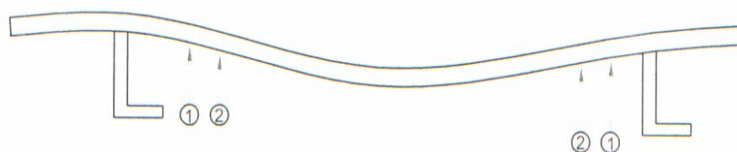
حرارت دهی V شکل بایستی از پیرامون ورق که دارای تغییر شکل کمتری است شروع شود و به سمت مرکز ورق ادامه می یابد (مطابق با طرح فوق) گرم کاری و سرد کردن باید مطابق نمودار زیر متناوباً انجام گردد.



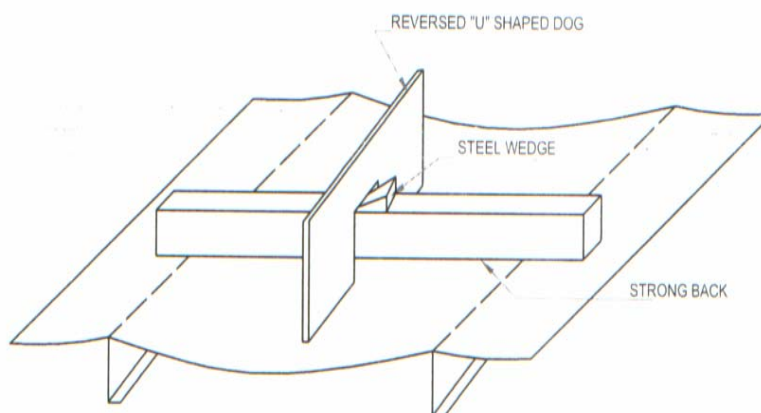
چنانچه تغییر شکلها توسط حرارت دهی V شکل بطور کامل دفع نگردید، بایستی عملیات حرارت خطی هم اضافه گردد و در این مرحله، نازل آب بایستی حدود 100 میلیمتر با مشعل گاز فاصله داشته باشد. به شکل زیر توجه کنید.



3. گداختن سطوح مقعر: تغییر شکل‌های مقعر معمولاً "بعد از اصلاح تغییر شکل‌های محدب ایجاد می‌شوند. در این حالت میباید به ترتیبی که در شکل زیر نشان داده شد از روش "حرارت خطی" یا "حرارت دهی V شکل" که هر دو به همراه سردکاری با آب باید استفاده کرد مطابق با ترتیب نشان داده شده در شکل زیر.



زمانی که تغییر شکل به حد قابل ملاحظه می‌باشد و با حرارت دهی تنها اصلاح نمی‌شود بایستی مطابق شکل با استفاده از یک گوه فولادی و یک سگدست یو شکل (پل) تنش‌های کششی یا فشاری وارد نمود و آنرا صاف کرد. در این روش ورق باید BACK BURNED شود در جایی که فریم‌ها قرار دارد، گوه فولادی محکم به داخل فشار داده شود و تغییر شکل باید با حرارت به روش V شکل و یا حرارت نقطه‌ای اصلاح گردد تا به حالت اولیه برگردد. آنچه در زیر می‌آید توجهاتی است که باید در هنگام استفاده از JIG بکار گرفت. پشت بند (قطعه محکم فلزی مطابق شکل) باید بالای هر دو تقویت کننده نصب گردد. .. گوه فولادی باید به تدریج محکم شود نه با فشار و گشاد شدن. ... پل یو شکل باید در دو طرفی که تغییر شکل بیشتری دارند جوش شود.



ج) در دسترس بودن آب روی سوپراستراکچر و جاهای مشابه

. آب باید در نزدیکی کار و در دسترس باشد تا مزاحمت برای کارهای دیگر ایجاد نکند (مثال : آب باید از سوپراستراکچر به سمت موتورخانه کشیده شود)

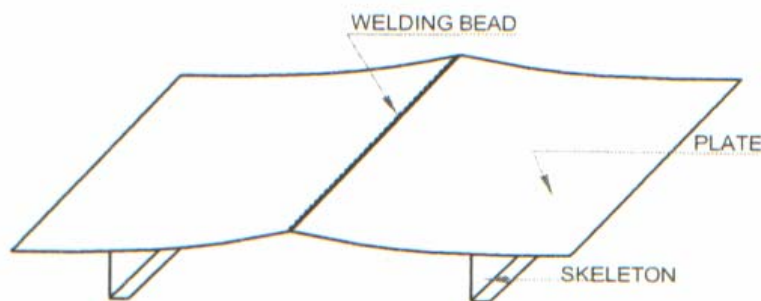
.. آب باید هدایت شود به طرف مجرای آب بر روی عرشه کشتی که در ساخت آن موادی مانند خاک رس استفاده شده است .

د) مثالی از سفت کردن

4. اتصال خمها

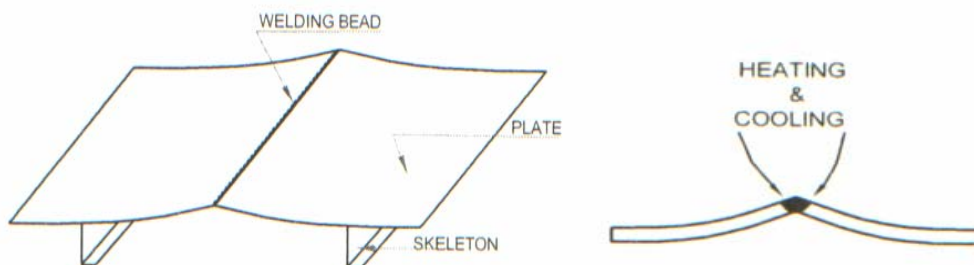
الف) شکل تغییر شکلهای (عینها)

این دفورمه شدن در اثر تنشهای ناشی از جوشکاری در بستر اتصال دو ورق خمیده شده بوجود می آید و به طور مخصوص بزرگتر می شود اگر که تقویت کننده قبل از جوش هم نصب شده باشد . به شکل زیر توجه کنید .



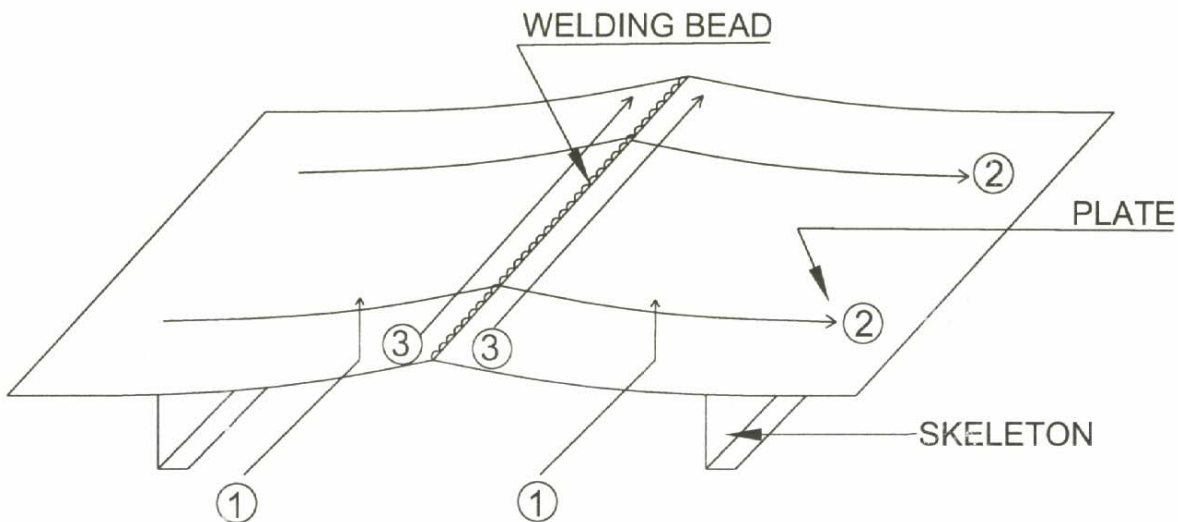
ب) اندازه گیری برای تصحیح خمهای کوچک

هر دو طرف بستر اتصال دو ورق که رو به بالا قرار دارد باید حرارت خطی ببیند و به دنبال آن باید با آب سرد شود (مطابق شکل زیر) در حالی که فاصله 100 تا 150 میلیمتری بین نازل آب و شعله وجود داشته باشد . خود بستر نباید حرارت ببیند .



ج) اندازه گیری برای تصحیح خم ناشی از اتصال دو ورق و تصحیح خمهای بزرگ

اعداد موجود در دایره در شکل زیر مراحل حرارت دادن و سرد کردن با آب را نشان می دهد هر کدام از اعداد 2 و 3 که دوبار تکرار شده اند ممکن است ابتدا صورت بگیرد .

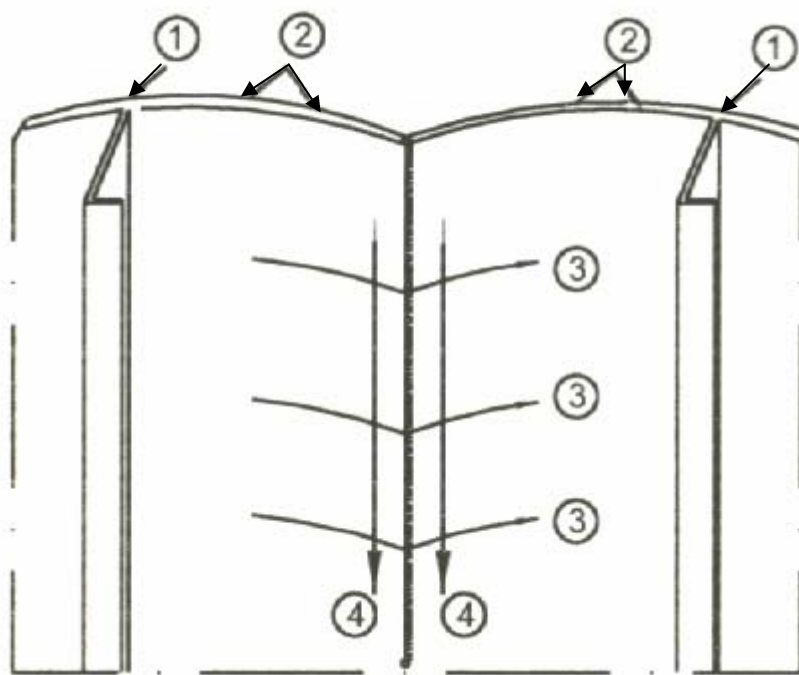


1. سطح زیری خم باید حرارت خطی ببیند و با آب سرد شود تا یک نیروی تجدید کننده (بازگرداننده) ایجاد کند .
2. سطح خمیده هم باید با حرارت خطی ببیند و با آب سرد شود در جهت زاویه راست ، عمود بر بستر خم .
3. همچنین هر دو سمت سطح که نزدیک به خط بستر میباشد باید حرارت خطی ببیند و با آب سرد شود . مطابق شکل و شماره های بالا .

د (مثالی از اتصالها

1. تصحیح خم در اتصال ورقهای پوسته (بدنه خارجی کشتی) (خطوط جوش افقی و عمودی روی بدنه)

1. فریمها باید از پشت با حرارت خطی و سپس سرد کردن با آب سرد شوند با توجه به شکل ، شماره یک را دنبال کنید (وسعت حرارت یا سوختگی برابر است با ضخامت فریم بعلاوه پهنای بستر جوش)



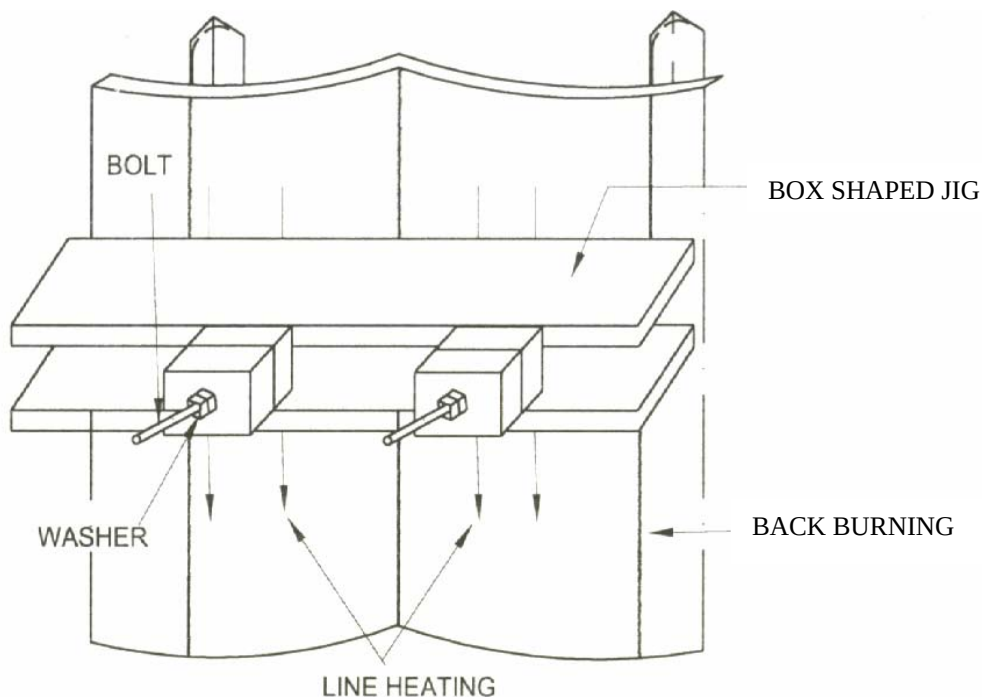
2. خمیدگی را باید حرارت خطی بدهیم . بخشهایی که خمیدگی های ملایم دارند را حرارت خطی وبعد سرد کردن با آب می دهیم و حرارت خطی دوتایی و یا سه تایی برای کشیدن ورقهایی که دارای خمیدگی درجه دار هستند (خم تند دارند) شماره دو را در شکل دنبال کنید . بستر اتصال به سمت بیرون کشیده می شود بعد از انجام مراحل 1 و 2.

3. اگر بعد از مراحل 1 و 2 خم تصحیح نشد حرارت به صورت خطی و سرد کاری با آب از پهنای قسمت روبرو صورت میگیرد شماره 3 را دنبال کنید .

4. هر دو گوشه نزدیک به بستر جوش باید حرارت خطی و سرد کاری با آب شود . اخیراً تصحیح خم بدون استفاده از جیگ صورت میگیرد که بهتر است اینگونه باشد. برای تصحیح خم 20 میلیمتر یا بالاتر از آن که بین فریم ها وجود دارد . شماره 4 روی شکل را دنبال کنید .

2. اتصال جوش بات در دایره بیلج

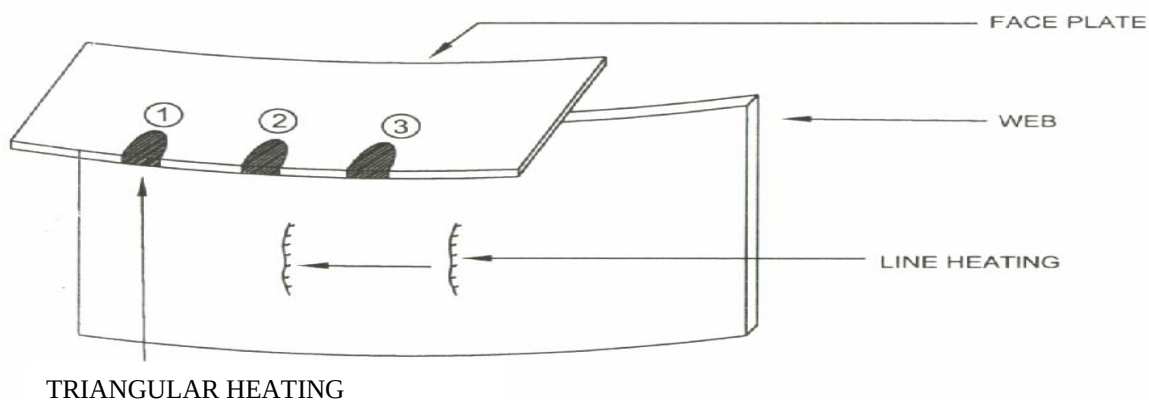
اتصال ورقهای خمیده در بیلج باید یا استفاده از جعبه جیگ مانند نشان داده شده در شکل زیر تصحیح شود .



1. پیچ ها باید هر دو طرف اتصال جوش شود .
2. جیگ جعبه مانند باید از این طرف به آنطرف قسمت بیرونی هر فریم در دو طرف اتصال قرار داده شود مطابق شکل بالا .
3. مهره ها باید با آچار فرانسه محکم گردد .
4. هنگامیکه فریمها حرارت از پشت داده شدند و قسمتهای مقعر هم باید حرارت خطی ببینند و مهره ها باید از طرف دیگر محکم شود تا اتصال خم را به بیرون بکشد .
5. فلز پایه و اصلی نباید هنگام بریدن پیچ ها آسیب ببیند .

3. خم کاری روی اعضای تقویت کننده

الف) روش تصحیح خمهای عرضی که روی طولی ها (LONGITUDINALS) زیاد دیده می شود (مثل مقاطع فولادی)



1. حرارت باید از قسمتی که خمیدگی کوچکتری دارد آغاز شود . مانند شکل مراحل 1 تا 3
2. ورق بال باید حرارت مثلثی ببیند بعد با آب سرد شود اینکار باید تا نصف عرض بال صورت گیرد . رنج حرارت نباید از $2/3$ عرض و یا بیشتر تجاوز کند .
3. اگر جان هم خم گردد در حین مراحل تکمیلی تصحیح خمکاری بال ، خود جان هم باید با حرارت خطی و سرد کاری با آب تصحیح خم گردد.

4. مراحل تصحیح مطابق شکل زیر است به اعداد داخل دایره توجه کنید :

- 1 (حرارت مثلثی + سرد کاری با آب) ←
- 2 (حرارت مثلثی + سرد کاری با آب) ←
- 3 (حرارت مثلثی + سرد کاری با آب) ←

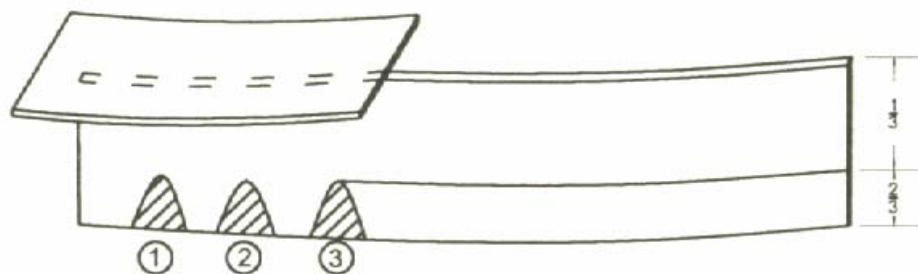
زمانی که ورق بال ضخیم باشد ، ورق بال باید بعد از حرارت دیدن مثلثی با آب سرد گردد از هر دو طرف پشت و جلو .

در این حالت مراحل تصحیح به شکل زیر است :

- 1 (حرارت دادن ← 1 سرد کاری با آب)
- 2 (حرارت دادن ← 2 سرد کاری با آب)
- 3 (حرارت دادن ← 3 سرد کاری با آب)

ب (خم های طولی که بر روی طولی ها زیاد دیده می شود :

1. خم طولی رو به بالا

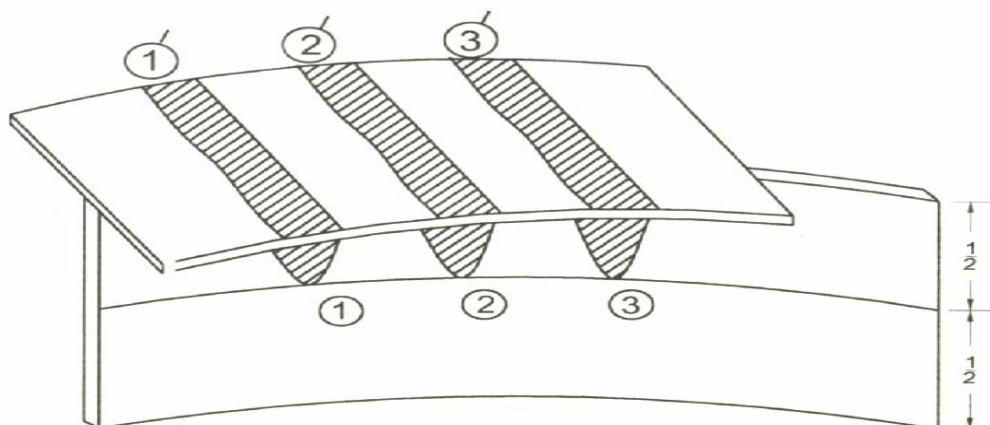


- حرارت باید از قسمتی که خمیدگی کمتری دارد شروع شود طبق نقشه بالا از شماره های 1 تا 3.
- جان باید حرارت مثلثی ببیند و با آب سرد گردد روبه پایین به فاصله $2/3$ از عمق پایین جان و حرارت باید به داخل ضخامت ورق نفوذ کند .
- ورق بال معمولاً "حرارت نمی بیند" .
- مراحل تصحیح به شرح زیر است :

1. حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←
2. حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←

3. حرارت مثلثی + سرد کاری با آب

2. خم طولی رو به پایین



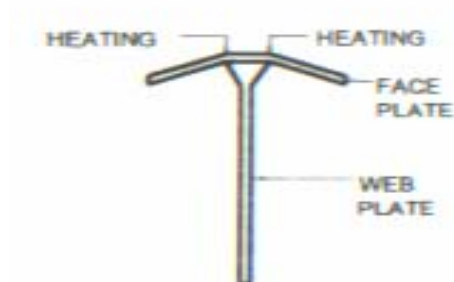
- حرارت دادن باید از قسمتهایی که خم کمتری دارند آغاز گردد مطابق شکل از قسمت 1 بعد 2 بعد 3
- جان باید حرارت مثلثی ببیند و رو به پایین در فاصله 2/3 از پایین سرد شود در ضمن حرارت باید به داخل ضخامت ورق نفوذ کند . به شکل بالا توجه کنید .
- ورق بال معمولاً "حرارت داده نمیشود" .

• مراحل تصحیح مطابق شکا به شرح زیر است :

- 1) حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←
 - 1) حرارت تا سرخ شده گی + سرد کاری با آب ←
 - 2) حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←
 - 2) حرارت تا سرخ شده گی + سرد کاری با آب ←
 - 3) حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←
 - 3) حرارت تا سرخ شده گی + سرد کاری با آب ←
- در مورد ورقهای جان که ضخیم می باشند سرد کاری با آب باید قبل از اتمام حرارت تا سرخ شدن انجام گیرد . بنابراین مراحل کار به شرح زیر خواهد بود .

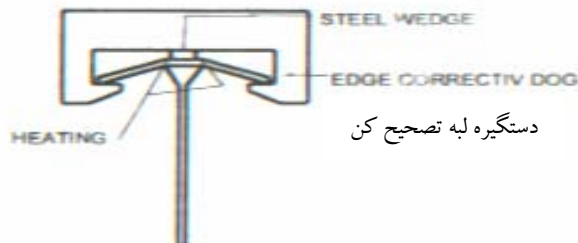
- 1) حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←
- 1) حرارت تا سرخ شده گی ← 1) سرد کاری با آب ←
- 3) حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←
- 2) حرارت تا سرخ شده گی ← 2) سرد کاری با آب ←
- 3) حرارت مثلثی + سرد کاری با آب ←
- 3) حرارت تا سرخ شده گی ← 3) سرد کاری با آب ←

ج) خمیدگی روی ورق بال



قسمت پشت جوشهای فیلت باید حرارت خطی در دوخط داده شود مطابق شکل و و سرد کاری با آب نباید فقط به طور یکنواخت صورت گیرد زیرا به شکل دندانانه دندانانه و موجدار می شود. در این مورد تصحیح خم به سختی صورت می گیرد باید از یک تنش استفاده کرد که با استفاده از یک دستگیره لبه تصحیح کن مطابق شکل صورت گیرد. در این روش گوه فولادی که در پشت جوش فیلت قرار دارد، باید محکم گردد درحین این کار قسمت پشت جوش فیلت حرارت خطی می بیند. به شکل زیر توجه کنید.

گوه فولادی

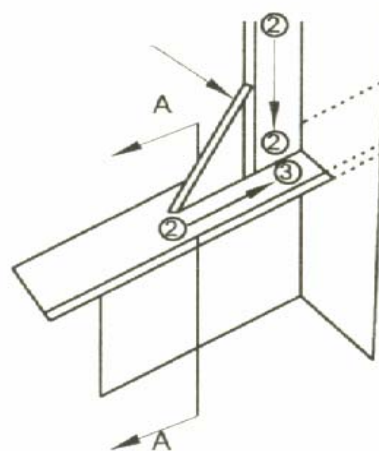
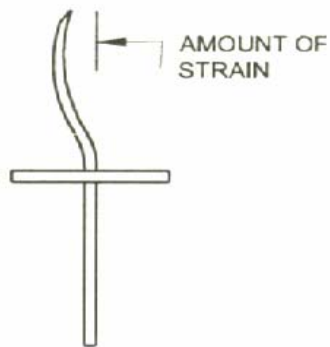


دستگیره لبه تصحیح کن

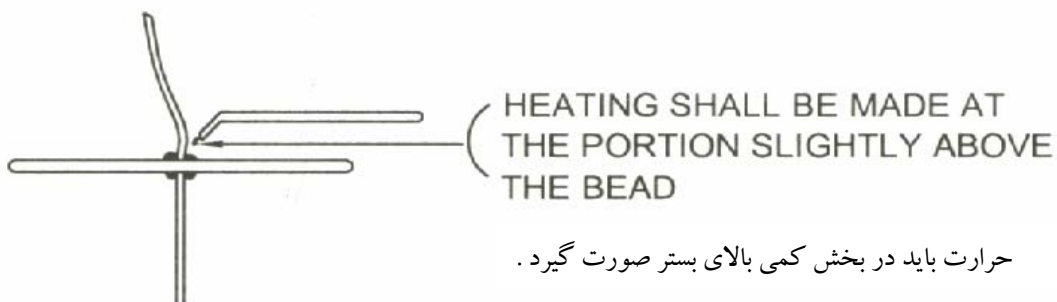
4) مثالهای دیگری از اتصال

الف) strain-freeing کشش و فشار مجاز براکتها

SECTION
A-A



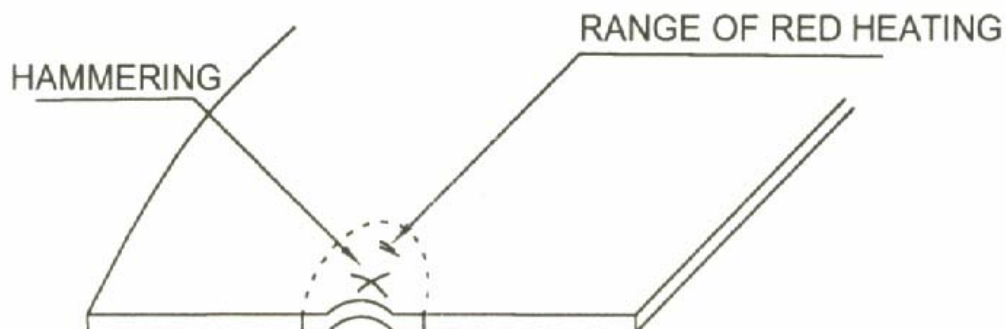
. مورد کشش (در رفتگی) نشان داده شده در شکل بالا قسمتی که جوش فیلت میشود روی قسمت روبروی خمیدگی براکت باید
حرارت داده شود طبق توالی نشان داده در شکل (1 ← 2 یا 1 ← 2)
سرد کاری با آب عموماً نباید انجام گیرد. موقعیت حرارت باید مطابق شکل زیر باشد.



حرارت باید در بخش کمی بالای بستر صورت گیرد.

.. در مواردی که در رفتگی نتواند با حرارت کاملاً درست شود قسمتی که جوش فیلت شده مطابق شکل و توالی نشان داده شده
قسمت وسط براکت باید حرارت خطی ببیند.

ب) تصحیح در رفتگی های جزئی نتیجه برخورد (تصادم)

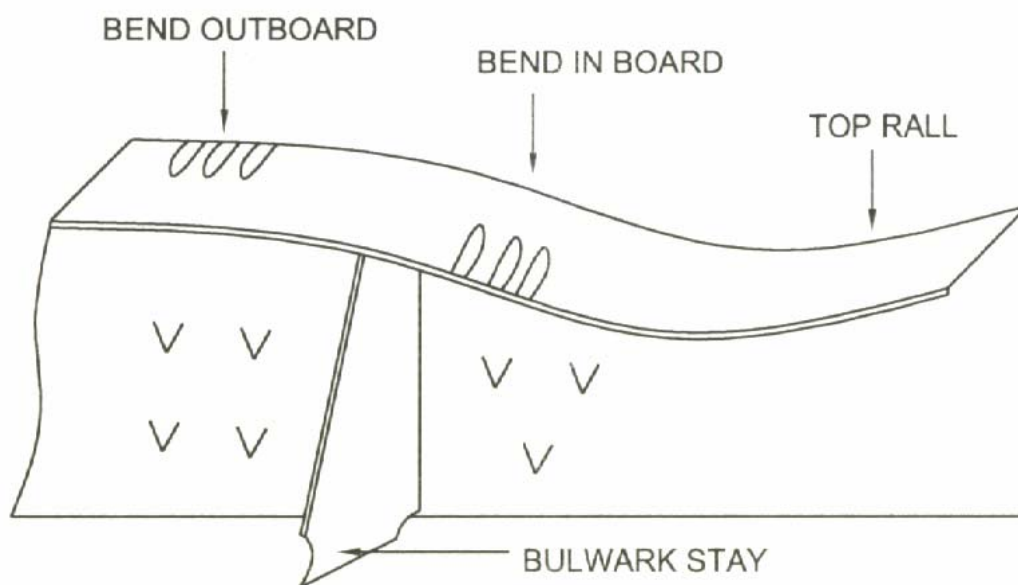


. حرارت تا مرز سرخ شدگی در محلی ایجاد شود که کمی بیشتر از اندازه برجستگی ورق باشد مطابق شکل بالا قسمت خط چین .
 اگر سطح حرارت دهی کافی نباشد زمان بیشتری را باید برای تصحیح بکار برد . سرد کاری با آب نباید انجام شود .
 .. برجستگی ها (تورم) باید با چکش بر طرف شود قبل از حرارت تا مرز سرخ شده گی ، باید مراقبت لازم از ورق به عمل بیاید تا آسیب قابل توجه در اثر گوشه چکش به آن نرسد .
 در مراحل تکمیلی تصحیح، ورق سنگ زده میشود تا ظاهری خوب داشته باشد .
 ... همه سازه های نزدیک به محلهایی که تصحیح بر روی آنها صورت گرفته ، باید در مراحل پایانی کار چک گردد ، زیرا ممکن است تغییر شکلهای دیگری نیز در اثر حرارت تا مرز سرخ شده گی ممکن در این مناطق بوجود بیاید .

ج (تصحیح کشش یا فشار در بلوارک

1) خمیدگی افقی در بلوارک

. تکیه گاههای بلوارک باید از پشت حرارت ببندد و با آب سرد شود .
 .. ورق بلوارک باید حرارت داده شود به روش حرارت V شکل یا حرارت خطی و بعد باید با آب سرد شود .
 ... در مواردی که خم نمیتواند کاملاً تصحیح شود به روش بالا داخل یا بیرون ریل بالای بلوارک باید حرارت مثلی ببندد تا حرارت به داخل ضخامت ورق ریل نفوذ کند و با آب سرد شود .

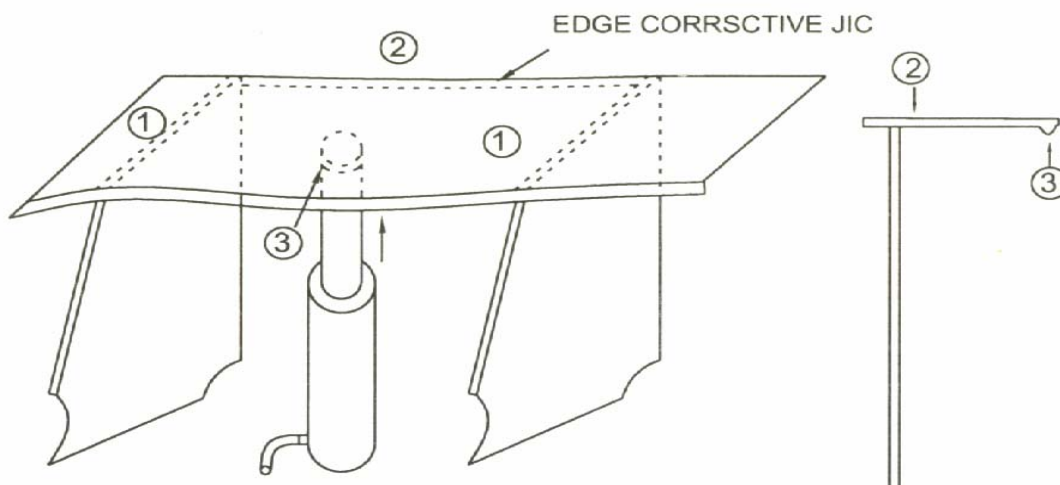


2) خمیدگی به سمت داخل ریل بالای بلوارک بین تکیه گاهها

. تکیه گاههای بلوارک باید از پشت حرارت ببندد و با آب سرد شود .
 .. قسمت بالایی ریل بالا حرارت خطی ببندد و با آب سرد شود .

... در مواردی که خم نمیتواند کاملاً تصحیح شود به روش بالا، بالای ریل باید فشار داده شود به وسیله یک جک که در زیر ریل قرار دارد.

.... جک باید زمانی که سطح فلنج حرارت می بیند عمل کند.



(3) خمیدگی به سمت بیرون ریل بالای بلوارک بین تکیه گاهها

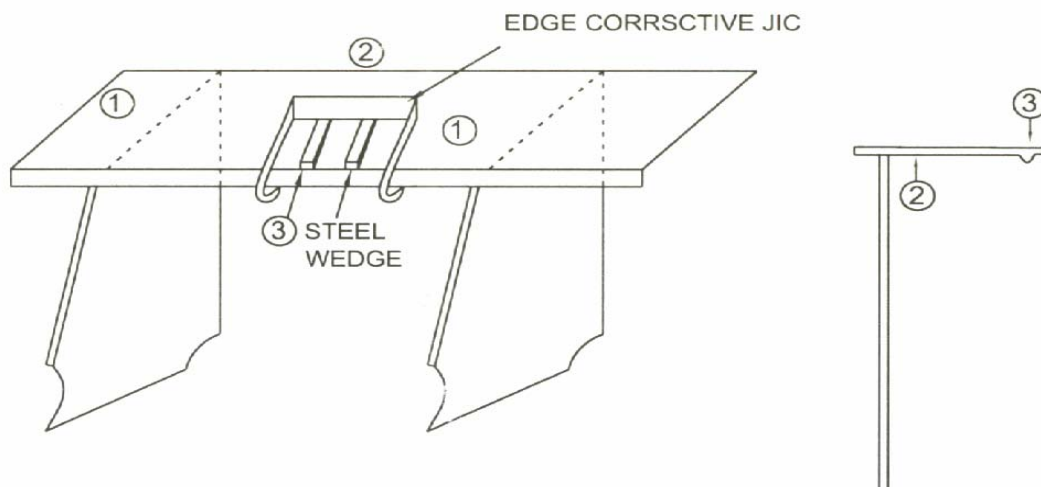
. تکیه گاهها باید از پشت حرارت ببینند و با آب سرد شود.

.. زیر سطوح ریل باید حرارت خطی داده شود و با آب سرد شود.

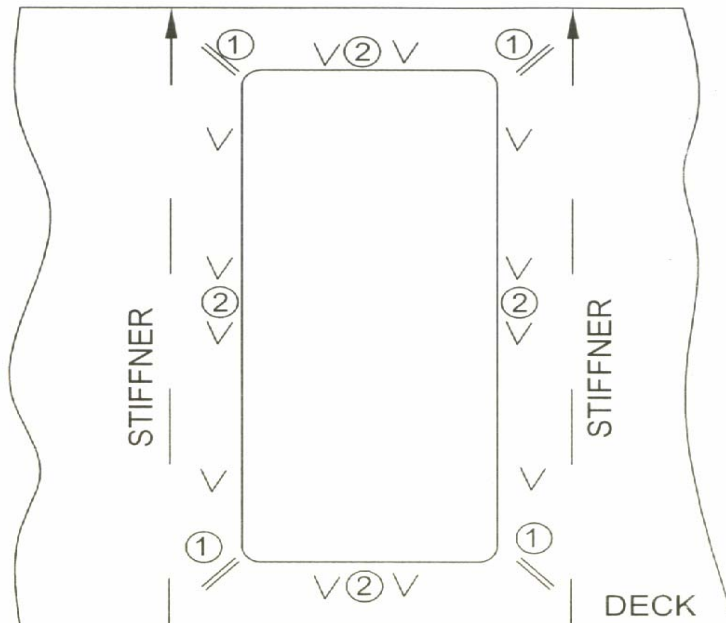
... در مواردی که خم نمیتواند کاملاً تصحیح شود به روش بالا، باید از یک جیگ تصحیح کننده لبه استفاده کرد که باید بالای

ریل نصب شود و گوه های فولادی باید محکم شود به وسیله داخل شدن در جیگ.

.... گوه ها باید محکم گردد در حالی که سطح فلنج ریل تحت حرارت قرار دارد.



(د) در رفتگی دیوارها درجایی که در های باز شونده قرار دارند



مراحل تصحیح:

- 1) ورق دیوار در چهار گوشه محل در باید حرارت خطی ببیند با خطوط عریض و پهنو با آب سرد شود تا گوشه ها را بکشد .
- 2) حرارت به روش V باید از جایی که تغییر شکل کمی هست شروع شود و تا جایی که تغییر شکل بزرگتر می شود پیش برود در حالی که با سرد کاری همراه باشد . به شکل توجه کنید .