

# Weld Stress Reliving by Ultrasonic Impact Treatment

## تنش زدایی جوش با ضربات آلتراسونیک



حسین برکتین - کارشناسی ارشد ساخت و تولید -  
از شرکت ملی حفاری ایران  
hb.linerhanger@yahoo.com

### چکیده:

عموما مشاهده می شود که شکست یک سازه تحت بارگذاری در ناحیه جوشکاری شده اتفاق می افتد بعضی از این موارد را می توان با بررسی روند خستگی در جوش بهبود بخشید ابتدا کلیه روشهای بهبود تنش خستگی جوش که به دو دسته بهبود شکل هندسی جوش و بهبود شرایط تنش پسماند تقسیم می شود را بررسی و مقایسه می کنیم و مزایای هر روش را به طور جداگانه ذکر می کنیم سپس سراغ روش UIT رفته و مزایای روش را بطور نمونه ایی با انجام دو آزمایش عملی بررسی کرده و نتایج را که بصورت نمودار S-N و جداول کلی هستند را با دیگر حالات مقایسه می کنیم و در نهایت بعد از بررسی تصاویر SEM کاهش تنش پسماند و عمر خستگی جوش و تغییرات در هندسه و میکروساختار جوش را مشاهده کرده و به نتایج مثبتی در این خصوص میرسیم.

تاریخچه توجه به بهبود تنش پسماند خستگی در جوش به سال ۱۹۷۹ توسط افراد متعددی از جمله Gurney, Fisher, Booth بر می گردد که Fisher موفق به ساخت دستگاه Hammer Peening شد در این بین افراد متعددی روشهای گوناگونی مطرح کردند که در شکل درختی ۱ بدان پرداخته شده است و در نهایت در سال ۱۹۹۵ دکتر Trufyakor روش UIT را مطرح کرده و دستگاهی را که بسیار نزدیک به دستگاه UIT امروزی است را ساخت.

### مقدمه

ابتدا در راستای افزایش کیفیت و کارایی جوش باید به یکسری عوامل دقت شود:

- ۱- توانایی حمل بار جوش در مقایسه با معیار قابلیت اطمینان جوش
- ۲- استحکام خستگی و حد خستگی در سازه
- ۳- میزان پایداری سازه مرتبط است با مقدار تنش پسماند جوش
- ۴- استحکام خوردگی و خستگی جوش در مقابل عوامل خارجی و در

### مقدار مختلف بار گذاری اعمالی

#### ۵- استحکام در سرما

جلوگیری از شکست خستگی موضوع بسیار مهمی در طراحی قطعات و سازه های مهندسی مورد استفاده در صنعت می باشد. اغلب این سازه ها از قبیل کشتی ها، جرثقیل ها و سازه های دوار چرخون پره های توربین همگی سازه های جوشکاری شده ای هستند که بارهای سیکلی پیچیده ای را تحمل می کنند. در حین بارگذاری سیکلی، عموماً ضعیف ترین نقاط در سازه های جوشکاری شده، خود اتصالات جوشکاری شده می باشند. جوش ها نواحی هستند که دارای تمرکز تنش بالا و همچنین معمولاً دارای تنش پسماند کششی هستند. به این دلایل معمولاً ترک خستگی در سازه های جوشکاری شده جوانه زده و سیکل به سیکل در طول زمان کاری قطعه رشد می کند. مسأله قابل توجه به این است که در روش های سنتی برای افزایش عمر خستگی در سازه های جوشکاری، نیاز به اضافه کردن یا برداشتن ماده مصرفی در فرآیند تولید سازه جوشکاری شده می باشد. همچنین عملیات اضافی مانند سنگ زنی، برداشتن فلاکس، تمپر کردن مکانیکی و شکل دهی سطح، همگی قیمت تمام شده محصول را افزایش داده و فرآیند ساخت را پیچیده می کند. بدون انجام دادن این کارها ممکن نیست که به محصول مورد نظر از حیث مقاومت و طول عمر برسیم یکی دیگر از مسائلی که نیاز به روش بهینه برای بهبود کیفیت جوش را موجب شده است، مسئله تعمیر قطعات و سازه های جوشکاری شده است. مرسوم است قطعه ای از سازه که عمر خستگی آن به پایان رسیده است را تعویض می کنند. از جمله این موارد قطعاتی است که به خاطر خستگی تحمل خود را از دست می دهند مانند بعضی قطعات در پل ها، یا به علت تنش های موجود مستعد خوردگی هستند یا در معرض تنش های داخلی قرار گرفته اند و نهایتاً منجر به ایجاد ترک و شکست قطعه می شود.

لذا سعی می شود تا به علت هزینه بالای تعویض یک عضو از سازه، با روش های ارزان تر عمر خستگی را افزایش داد. در مجموع باید به دنبال روشی بود که منجر به افزایش و بهبود ظرفیت تحمل بار و



گروه اول عیوب موجود در پاشنه جوش را حذف می‌کنند و همچنین از میزان تمرکز تنش می‌کاهند. در حالی که روش‌های گروه دوم تنش‌های فشاری را در موضعی از جوش که ترک‌های خستگی مستعد به شکل‌گیری هستند ایجاد می‌کنند.

#### ۱-۲- مقایسه معایب و مزایا

روش UIT متعلق به گروه دوم است در حالی که تواماً به طور قابل ملاحظه‌ای هندسه پاشنه جوش را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. خلاصه‌ای از تکنیک‌های مؤثر در این زمینه در شکل ۱ آورده شده است.

(همچنین تشریح و مقایسه تمام روشها در جداول پ-۱ و پ-۲ بطور کامل در پیوست آورده شده است).

یکسری از تکنیک‌هایی که برای بهبود وضعیت جوش وجود دارند، می‌توانند در مراحل اولیه تولید سازه بر روی موضع جوش انجام گیرند و سری دیگر از این تکنیک‌ها در زمان تعمیر سازه که ترک‌های خستگی در آن مشاهده شده است، معمول‌تر می‌باشد.

برای افزایش ضریب اطمینان در طراحی قطعه، در بعضی موارد اضافه کردن جزئیاتی چون سفت کننده‌های عرضی<sup>۱</sup>، صفحه‌های پوششی<sup>۲</sup>

۱ .Transverse Stiffener

۲ . Cover plate

کاهش تنش پسماند شود، تا از سازه مدت بیشتری بتوان استفاده کرد.

در روش‌های مرسوم بهبود جوش که جلوتر بصورت جدول بررسی و مقایسه می‌شود روشی وجود ندارد که به طور غیرمخرب و مقرون بصرفه و همچنین بدون تغییر شکل و باز کردن قطعه‌ی معیوب، بتواند کیفیت و عمر آن را افزایش دهد. توانایی روش‌های سنتی برای تعمیر قطعه‌های سازه‌های جوشی وقتی است که شکست اتفاق افتاده یا عیب به صورت ترک آشکار است. همچنین در بیشتر قطعات به دلیل محدودیت در قرار دادن پایه‌های حمایتی و سایر انواع سازه‌های کمکی، این نوع تعمیرات را نمی‌توان اجرایی کرد. که در روش جدید این محدودیت حذف می‌شود.

#### فصل اول

در این فصل ابتدا به معرفی و بررسی انواع روشهای بهبود خستگی پرداخته و بعد از مقایسه تمامی این روشها با یکدیگر فرآیند UIT را بعنوان روشی نوین بطور اجمالی بررسی می‌کنیم .

#### ۱-۱- انواع روشهای بهبود خستگی

روش‌هایی که برای بهبود استحکام خستگی وجود دارند و پس از جوشکاری انجام می‌شوند، به دو گروه اصلی تقسیم می‌شوند:

۱- روش‌های اصلاح هندسه جوش

۲- روش‌های بهبود شرایط تنش‌های پسماند.

شکل ۱-۱ دسته بندی روشهای بهبود تنش پسماند م-۷ ص-۴۴۹

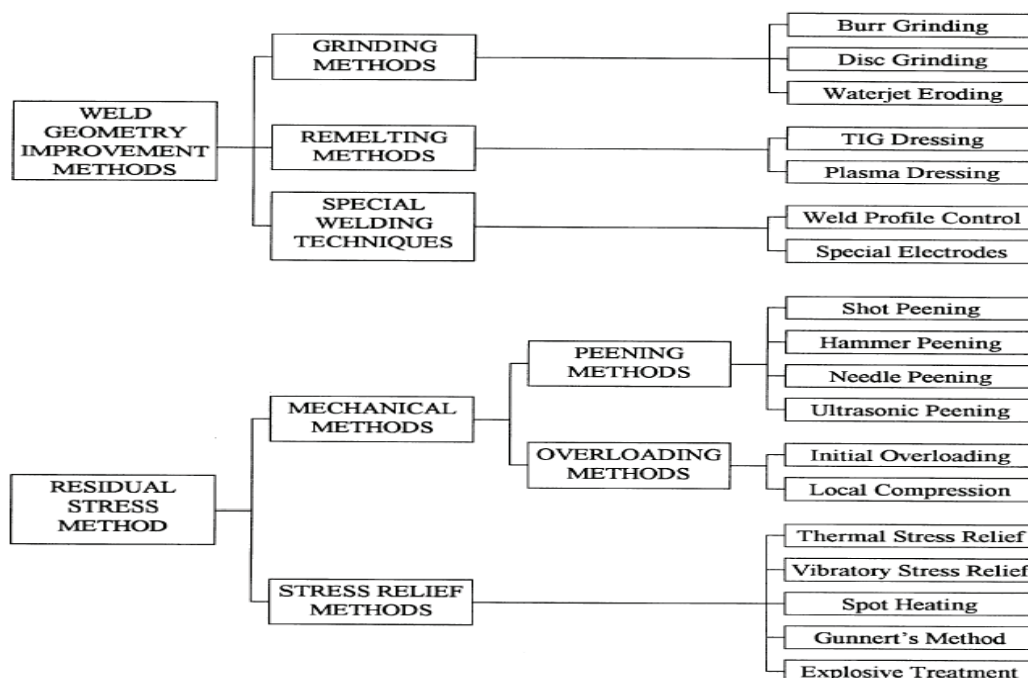


Fig. 1. Classification of some weld-improvement methods (modified after [3]).

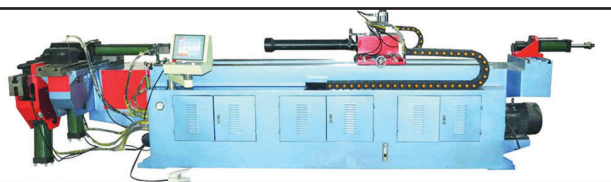
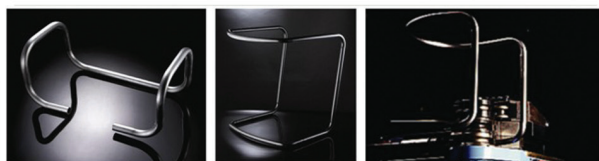








Fig.2 The 27 KHz ultrasonic impact treatment equipment.



Fig.3 The performance of ultrasonic impact treatment.

با برخورد ابزار التراسونیک با سرعت و فرکانس بالا به سطح، انرژی جنبشی در سطح قطعه کار تبدیل به انرژی گرمایی می‌شود. که این انرژی گرمایی به اتم‌های سطح وارد شده و به علت کوچک بودن منطقه تحت ضربه، دمای نقطه حرارت دیده یا تحت عملیات UIT تا دمای تغییر فاز فلز بالا می‌رود. به علت بزرگ بودن حجم قطعه و نرخ بسیار بالای سرد شدن منطقه تحت ضربه، در صورت وجود کربن در فولاد، استحاله مارتنزیتی رخ خواهد داد. بنابراین لایه‌ای با استحکام بالا و مقاوم در برابر سایش ایجاد می‌شود. و همانطور که می‌دانیم استحاله مارتنزیتی با افزایش حجم توأم است که خود باعث ایجاد تنش‌های فشاری در لایه مارتنزیتی ایجاد شده، می‌شود. پس از انجام عملیات اگر قطعه را برش زده و بررسی متالوگرافی کنیم، این لایه مقاوم به شکل لایه‌ای سفید<sup>۱۰</sup> نمایان می‌گردد.

منطقه تغییر شکل پلاستیک به علت تنش پسماند فشاری بالا- در حدی بیش از تنش تسلیم فلز که به آن اعمال شده است- می‌تواند مانع از باز شدن و رشد ترک‌ها شود و حد دوام خستگی فلز از بهبود

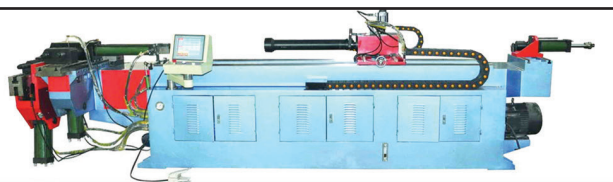
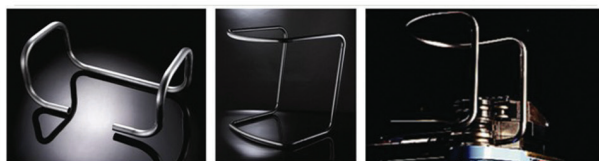
احیاناً عیوب را در پاشنه جوش کاهش می‌دهد و استحکام خوردگی- خستگی و استحکام خستگی را در دماهای زیر صفر افزایش می‌دهد. در روش UIT بطور خلاصه، نوسانهای هارمونیک تولیدی از مبدل التراسونیک به مدادهای نوک ابزار رفته و باعث برانگیخته شدن و تکان خوردن آنها ناشی از فرکانس التراسونیک می‌شود.

## فصل دوم

در این فصل ابتدا فرایند UIT را از نگاه مکانیزم فیزیکی و نحوه کارکرد دستگاه و همچنین از نگاه مکانیزم شیمیایی قطعه کار را بررسی می‌کنیم سپس یک دستگاه UIT را بصورت دقیق از لحاظ قطعات بررسی کرده و نحوه کارکردش را توضیح می‌دهیم سپس مشخصات فنی ابزار و جنراتور التراسونیک را تعیین می‌کنیم در ادامه انواع اتصالات جوشکاری را مشاهده می‌کنیم و تمامی الزامات را برای اجرای UIT تعیین می‌کنیم .

## ۱-۲- مکانیزم فیزیکی و شیمیایی در تنش زدایی با ضربات التراسونیک:

۱۰ . White Layer



بخشد. و در نهایت لایه‌ای که تنش کششی در آنها در حد مقبولی کاهش یافته است، به وجود می‌آید.

اعمال روش تنش زدایی با ضربات التراسونیک در سازه‌های جوشکاری شده باعث بهبود کیفیت و افزایش قابلیت اطمینان جوش می‌شود. همچنین باعث کاهش تنش‌های پسماند کششی و ایجاد تنش‌های پسماند فشاری مناسب، افزایش استحکام خستگی در محیط خورنده می‌شود. در جوش‌های چند پاسه نیز چون اعمال ضربات التراسونیک سر باره را حذف می‌کند، نیازی به عملیات اضافی حذف سر باره وجود ندارد. لذا با استفاده از UIT در تعمیر سازه‌های جوشکاری شده و جلوگیری از گسترش ترک‌ها، کم هزینه بوده و بازدهی بالایی دارد.

۲-۲- مشخصات یک نمونه دستگاه تنش‌زدایی با ضربات التراسونیک: قسمتهای اصلی دستگاه :

Oscillation of ultrasonic transducer – I

(ژنراتور دستگاه نوسان ساز التراسونیک)

Concentrator of oscillation velocity – II

(متمرکز کننده موج التراسونیک به ابزار)

Peening \ Indenter – III

(سوزن ضربه زن به سطح نمونه)

Work piece – IV – (قطعه کار)

۲-۳- نحوه کارکرد دستگاه

هنگام انجام عملیات تنش‌زدایی با ضربات التراسونیک بر روی یک قطعه جوشکاری شده مراحل عملیات بصورت زیر است. با روشن کردن ژنراتور دستگاه UIT ارتعاشات مکانیکی ترانسدایسر التراسونیک I آغاز می‌شود و با فرکانس اسمی (برای

مثال ۲۷ KHz) نوسان می‌کند. این ارتعاشات التراسونیک سینوسی از طرق متمرکز کننده II بر روی ابزار متمرکز می‌شوند. چون انرژی متمرکز کننده در سمت چپ آن در سطح بیشتری توزیع می‌شود- در صورتی که در داخل متمرکز کننده افت انرژی نداشته باشیم- باید در انتهای خروجی متمرکز کننده، دامنه‌ی ارتعاشی آن افزایش پیدا کند. بدین ترتیب دامنه ارتعاش کم ترانسدایسر I توسط متمرکز کننده II به دامنه ارتعاشی بزرگتری تبدیل می‌شود. متمرکز کننده II با دامنه ارتعاشی خود به انتهای سوزن III ضرباتی با فرکانس التراسونیک وارد می‌کند که سوزن III این ضربات را به سطح قطعه کار منتقل می‌کند و در طی این مراحل، ارتعاشات، متناوب سینوسی ۱ به ضربات پالسی ۲ در انتهای تمرکزدهنده II و همچنین سطح قطعه کار IV منتقل می‌شود. به این ترتیب ضرباتی با فرکانس التراسونیک به سطح قطعه وارد می‌شود و همچنین انرژی ضربات پالسی که توسط ابزار III به سطح وارد می‌شود، ابتدا صرف تغییر شکل پلاستیک سطح قطعه کار IV می‌شود تا منطقه تغییر شکل پلاستیک ۴ را بوجود آورد. در نتیجه این تغییر شکل، تنش فشاری پسماند (sp) ۵ در سطح قطعه کار القاء می‌شود و با نفوذ به عمق قطعه کار کاهش می‌یابد.

همچنین در شکل ۲-۳ ضربه چکشهای III بروی سطح کاری IV عکس‌العملی را بصورت موج غیر منظم ایجاد می‌کند که بصورت 3np نمایش داده شده است. (Ultrasonic non periodic impact) و نیز ضربه عمل را بصورت (3po Ultrasonic periodic impact) داریم که در نتیجه از برگشت موج عکس‌العمل 3np یک موج بنام 3c حاصل می‌شود. لازم بذکر است که طبیعت موج 3po و 3np که کنترل شده یا رندوم می‌باشد تماماً به الگوریتم سیستم تحریک I و II و III و IV برمیگردد که مهمتر از همه

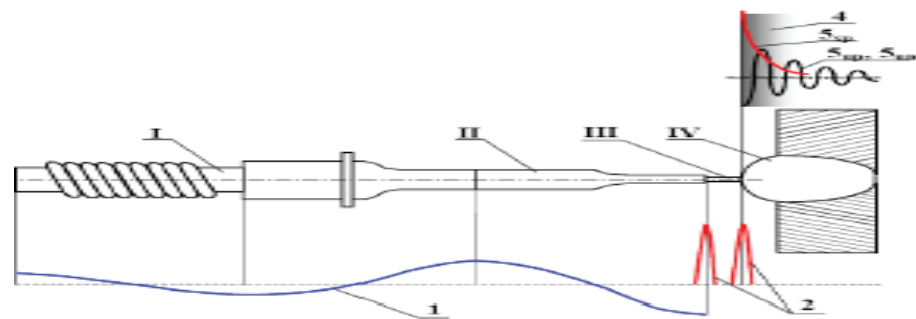
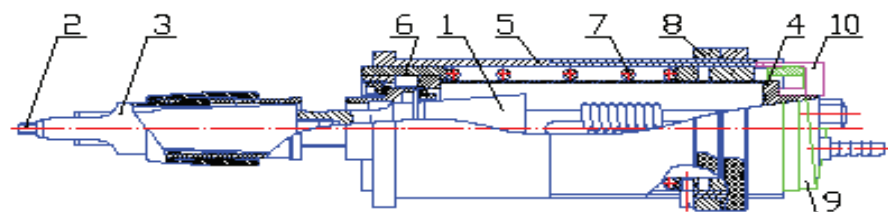


Fig.4 Mechanism of ultrasonic Impact Treatment

- 1 - ultrasonic transducer
- 2- indentr
- 3- concentrator
- 4- cooling jacket
- 5- casing
- 7- spring
- 8- adjecting nut
- 9- tappet
- 10- shaped key



نمونه ساده یک دستگاه UIT (م ۱- ص ۲) - شکل ۲-۲





الگوریتم ضربه III است.

از طرف دیگر خود قطعه و لایه‌ی تغییر شکل یافته در سطح قطعه کار، با فرکانس التراسونیک مرتعش می‌شود. در نتیجه این ارتعاشات

جوش تعیین و اضافه کردن جوش TIG برحسب نیاز صورت گیرد.  
۲. تغییر شکلی بعد از جوش و انجام UIT (در صورت انجام صحیح UIT) در اجزاء جوش داده شده حاصل می‌شود بنابراین تأثیر

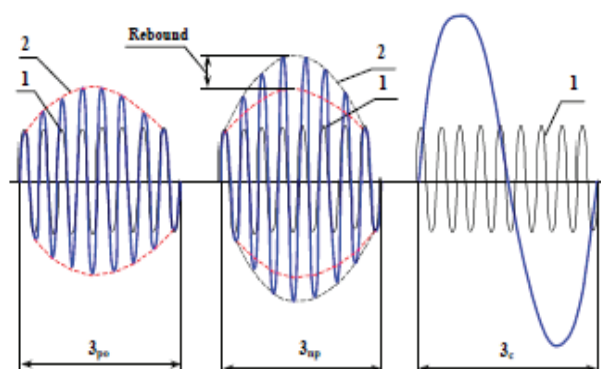


Fig 2 Interactions between indenter III and workpiece IV during impact

امواج تنشی ۵ در حجم ماده القاء می‌شود. این تنش‌ها به تنش‌های پسماند قبلی اضافه می‌شوند و موجب حرکت لایه‌های سطحی و آزادسازی تنش پسماند می‌گردند.

در شکل ۲-۴ ژنراتور و ابزارهای التراسونیک در سه فرکانس متفاوت نشان داده شده است. این ابزارها هم بصورت دستی و هم بصورت خودکار قابل استفاده هستند. در شکل ۲-۵ یک نمونه ابزار با قابلیت UIT اتوماتیک نشان داده شده است.

۲-۵- الزامات برای اجرای UIT:

۱. پارامترهای UIT جوش بر طبق نوع جوش، موقعیت جوش، فرآیند

شکل ۲-۴

بسیازی بخصوص در تکنولوژی مونتاژ می‌گذارد.

۳. پدیده‌های نفوذ، تنش پسماند، تغییر شکل که از خواص مکانیکی بعد از جوشکاری است توسط UIT حداقل می‌شود و این یک بازده عالی برای UIT می‌باشد.

۴. تمام مسائل از جمله استحکام، پلاسیسیته، سختی، سفتی سطح

جوش و اثرات حرارتی آن

می‌بایست مطابقت با استاندارد

اجرائی UIT چک و منطبق

باشد.

۵. یک شیار در هنگام UIT

کردن سطح در پاشنه جوش

(شکل می‌گیرد) (شکل ۲-۱۳).

۶. وقتی چندپاس جوش در

قطعه باید زده شود بعد از هر

پاس UIT باید صورت گیرد

و همچنین سرباره باید برداشته

شده تا UIT بهتر صورت

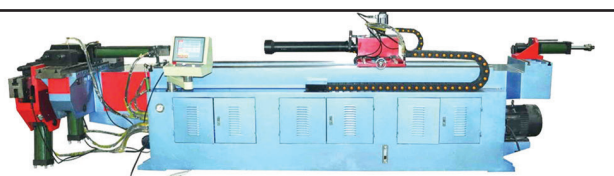
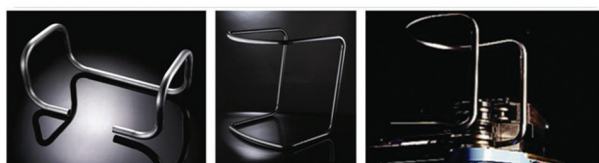
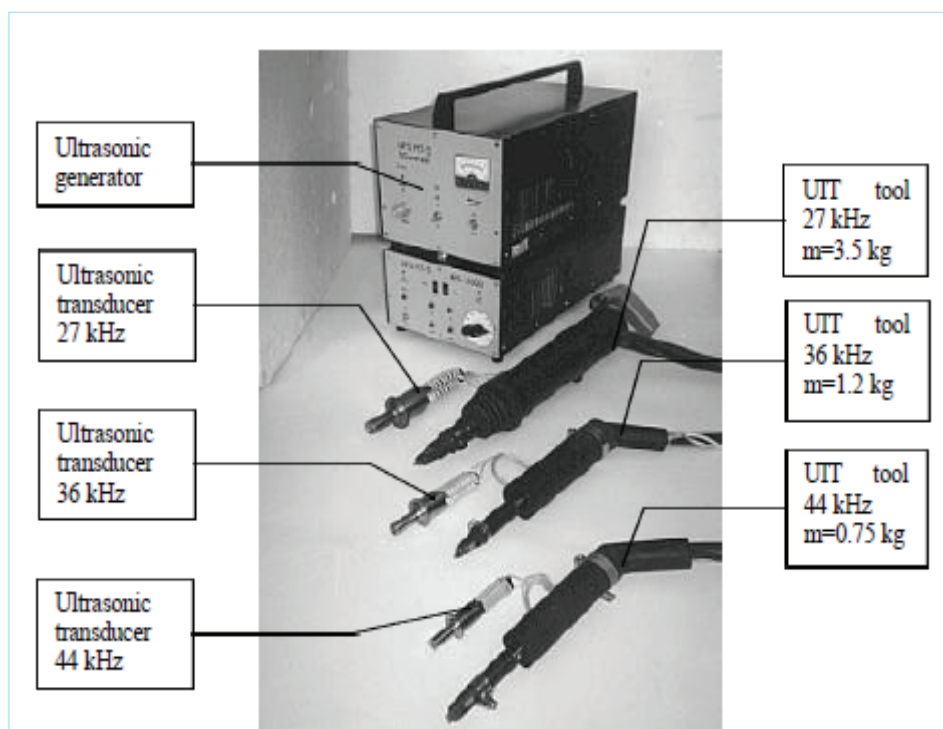
گیرد.

۷. در UIT فولاد باید عوامل

زیر را رعایت کنیم.

- فرکانس ۲۷ KHz

- دامنه نوسان ۳۰-۴۰ mm



- سرعت حرکت روی جوش ۱۸-۹۰ m/h

یکی از مهمترین آیتها در UIT فرکانس است که عمدتاً تفاوت بین دستگاهها را نیز مشخص می کند .  
در خصوص انجام UIT در مفاصل یاد شده انتخاب نوع مفصل بر کیفیت انجام کار می تواند موثر باشد .  
سری دستگاه UIT نیز بر حسب نوع قطعه کار می تواند به شکلهای مختلفی تقسیم شود.

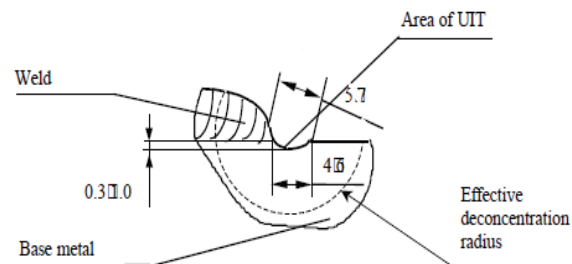


Fig. 16 Recommended groove profile after UIT, specifically for medium strength steel welded joints

#### فصل سوم:

در این فصل به بررسی تجربی نمونه های آزمایش UIT پرداخته و دو نمونه را از نظر خواص مکانیکی - شیمیایی - روشهای تست - پارامترهای جوشکاری و پارامترهای UIT بررسی کرده و الزامات و قواعد تست را مد نظر قرار داده و فرمولهای تنش خستگی را ارائه داده و سپس نتایج را بصورت نمودار S-N ارائه و لیست نتایج و اثرات UIT را برای دو نمونه مشخص شده است. (به علت حجم زیاد مطالب این بخش، این قسمت حذف شده است جهت اطلاع با دفتر مجله تماس بگیرید)

#### فصل چهارم

در این فصل فرایند UIT را از لحاظ زمان عملکرد UIT ، قیمت کار ، کاستیهای روش UIT و ارزیابی فنی مورد بررسی قرار داده پس مزایای روش UIT را بطور کلی مشخص میکنیم .

#### ۴-۱- ارزیابی فنی، اقتصادی و آینده استفاده از روش UIT

روش تنش زدایی با ضربات التراسونیک برای اولین بار در دهه ی گذشته کشف شد. لذا هنوز این روش در ایران کاربردی نشده است و هیچ گونه شناختی از این روش در صنعت ما وجود ندارد. استفاده از روش تنش زدایی التراسونیک نسبت به روشهای سنتی مزایای زیادی دارد. از آن جمله می توان سرعت، دقت و همچنین کیفیت تنش زدایی را نام برد. استفاده از این روش باعث بهبود عمر خستگی می شود. برای مثال خستگی در فولاد حدود ۱۲۰ درصد و ۴۰ در آلومینیوم ۸۰ درصد بهبود می یابد. این در حالی است که ترکیب

این روش با TIG، افزایش بهبود خستگی به میزان ۱۳۵ درصد را در پی خواهد داشت.

سرعت روش تنش زدایی با UIT نیز نسبت به روشهای سنتی قابل توجه است. به طوری که با روشهای سنتی یک قطعه بطور متوسط در شش ساعت می توان تنش زدایی کرد، در حالی که با این روش برای قطعه مشابه در یک ساعت می توان به روش اتوماتیک ۵۰ قطعه و به روش نیمه اتوماتیک تقریباً ۱۶ قطعه را تنش زدایی کرد. علاوه بر اینها در این روش اپراتور دستگاه نیاز به تخصص خاصی ندارد، ولی در روشهای سنتی به علت نیاز به عملیاتی حرارتی، لازم است نوع روش و چرخه حرارتی مناسب بکار رود که خود نیاز به یک کارشناس علم مواد دارد. چرا که هرگونه تشخیص ناصحیح نوع عملیات حرارتی و متغیرها سبب افزایش تنش پسماند در قطعه می شود. از طرف دیگر، در روشهای سنتی کنترل نرخ گرم و سرد شدن و تشخیص نوع سیکل های عملیات حرارتی لازم زمان بر بوده و سرعت عملیات را کاهش می دهد.

اگر هزینه روش چکش کاری<sup>۱۱</sup> را به عنوان واحد قیمت انتخاب کنیم، قیمت روش ساچمه کوبی<sup>۱۲</sup>، ۱٫۵ برابر، قیمت روش سنگ زنی، ۵ برابر و قیمت روش لکه گیری به روش TIG، ۳ برابر گران تر خواهد بود. لذا با استفاده از این عامل هم از نظر اقتصادی و هم از نظر کاهش بیشتر تنش پسماند و افزایش استحکام خستگی، نسبت به انتخاب روش مناسب اقدام می شود. تنها نقضی که تنش زدایی با ضربات التراسونیک دارد، عدم تنش زدایی لاستیک، پلاستیک یا قطعه تولیدی بعضی فرایندها در وضعیت فعلی است. لذا یکی از تغییراتی که می تواند در آینده رخ دهد، تکمیل این روش و تنش زدایی همه ی مواد و یا قطعات تولید شده به روشهای متفاوت می باشد. به هرگونه ای که بتوان تنش های موجود در قطعه فورج یا ریخته گری و یا ماشین کاری شده را نیز با این روش از بین برد.

#### ۴-۲- نتیجه گیری و مزایای روش UIT

با توجه به بررسی ها انجام شده ملاحظه می شود که تنش زدایی با ضربات التراسونیک بسیاری از معایب جوشکاری را از بین برده و دارای مزایای ذیل است:

- حذف تنش کششی پسماند و جایگزین کردن آن با تنش فشاری پسماند، که موجب افزایش عمر خستگی و استحکام کششی جوش می شود.
- افزایش عمر قطعات سازه با تعمیر به روش UIT بدون نیاز به باز کردن قطعات از سازه.
- کاهش زمان و هزینه تمام شده برای بهبود کیفیت جوش.

۱۱. Hamer peening

۱۲. Shot peening

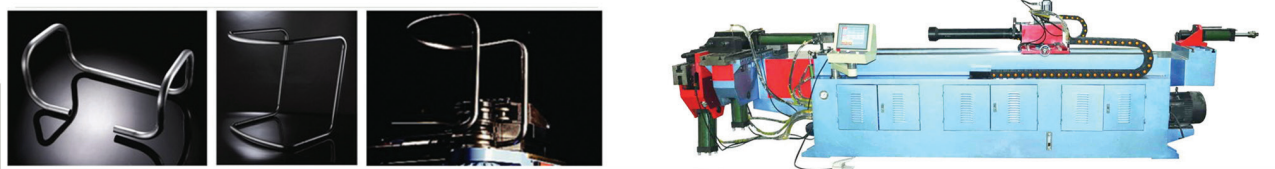
- افزایش استحکام در مقابل خوردگی تنشی، سایش و خستگی.
- کاهش عملیات اضافی به علت ترکیب مراحل مختلف لازم برای بهبود کیفیت جوش در مقابل خوردگی، سایش، خستگی و غیره؛ این در حالی است که در روش‌های قبلی، برای هر کدام از این موارد عملیات خاصی لازم بود. به عبارت دیگر در طی عملیات UIT تمام مراحل در یک مرحله اجرا شدنی است.

پیوسته‌ها :

جداول پ-۱ و پ-۲ {م ۷-ص ۴۶۹-۴۷۱}

۱- روشهای اصلاح هندسه جوش

معایب	مزایا	تکنیکها
<ul style="list-style-type: none"> <li>- قابل اجرا برای پای جوش</li> <li>- ایجاد سرو صدا و پسماند</li> <li>- در مقابل خوردگی ضعیف</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- اجرای ساده</li> <li>- بهبود بالا</li> <li>- معیار بازررسی ساده</li> </ul>	روشهای اصلاح جوش
<ul style="list-style-type: none"> <li>- عملکرد کند</li> <li>- نرخ مصرف بالا و گران</li> <li>- تغییر اندازه در سطح</li> <li>- تعمیر تجهیزات مشکل</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- با تکرار زیاد</li> <li>- تجهیزات در دسترس</li> <li>- عالی برای جوش داخلی</li> </ul>	Burr Grinding
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نسبت به burring در سطح پایداری</li> <li>- محدودیت در اندازه ابزار</li> <li>- احتمال بروز عیب جدی در استفاده نا صحیح</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- نرخ پوشش بالا</li> <li>- تجهیزات در دسترس</li> <li>- قابل تطابق با روش burring</li> </ul>	Disc Grrinding
<ul style="list-style-type: none"> <li>- کنترل نرخ فرسایش مشکل</li> <li>- دسترسی مشکل به تجهیزات</li> <li>- حد پاکسازی با آب و ذره ها مشکل</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- قابلیت</li> <li>- تطابق عالی با روشهای دیگر</li> </ul>	Water Jet eroding
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نیاز به آموزش خاص</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- امکان بهبود بالا</li> <li>- تجهیزات در دسترس</li> <li>- تطابق عالی با روشهای دیگر</li> </ul>	روشهای دوباره ذوب پاشنه جوش
<ul style="list-style-type: none"> <li>- احتمال سختی سطح بالا</li> <li>- در فولاد کم کربن و منگنزدار امکان اجرای دوباره</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ارزان</li> <li>- نیاز به کار فیزیکی کم</li> <li>- امکان بهبود بالا</li> </ul>	TIG dressing
<ul style="list-style-type: none"> <li>- نیاز به تمیز کاری جوش و سطح جوش</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- اجرای آسان</li> <li>- بهبود بیشتر نسبت به tig</li> </ul>	Plasma dressing
<ul style="list-style-type: none"> <li>- عدم بهبود عیوب در پایه جوش</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- بهبود در فرایند جوشکاری</li> </ul>	روشهای خاص جوشکاری





AWS improved profile	- تعریف درست بازرسی جوش - مناسب برای جوشهای چند پاسه	- نا مناسب برای جوشهای ظریف - بهبود در حال تلفیق با <b>peening grinding</b>
Spical electrodes	- اجرای ساده - ارزان و مناسب برای ظریفکاری	- مشکوک در مزایا - دسترسی پایین - بهبود کم

## ۲- روشهای بهبود شرایط تنش های پسماند

روشهای <b>peening</b>	- امکان اجرای گسترده - بیشترین مزایا در فولاد با استحکام بالا	- نا مناسب برای عملکرد خستگی با سیکل پایین - دربار با دامنه متنوع دارای عیب
Shot Peening	- توسعه عالی برای قطعات کوچک - نرخ پوشش بالا - کنترل کیفی ساده - مقاوم در خوردگی	- نیاز به تجهیزات خاص - نیاز به تمیز کاری گلوله ها
Hammer Peening	- بازرسی ساده - تجهیزات در دسترس - بهبود بهتر با تکرار - عملکرد عالی در جوش بی کیفیت	- زمان بالای تکرار باعث ایجاد ترک - محدودیت عملکرد در پاشنه جوش - محدودیت عملکرد در اندازه ابزار
Needle Peening	- مزایا شبیه به hammer.p اما با بهبود کمتر	- معایب کاملاً شبیه hammer.p
Ultrasonic Impact	- مزایا شبیه hammer.p اما بدون صدا و مشکلات ناشی از خستگی	- نیاز به تجهیزات خاص
روشهای <b>overloading</b>		
Prior static overload	- عالی برای فولاد اسحکام بالا - عالی برای ترکهای سساختاری	- نیاز به تجهیزات خاص - محدودیت عملکرد در قطعات کوچک - برای اعمال بار بالا نیاز به تجهیزات زیاد
Local compression	- عالی برای فولاد اسحکام بالا	- نیاز به تجهیزات خاص - نیاز به انجام برای دو سمت ورق - نا مناسب برای انجام در یک قسمت محدود
روشهای <b>Strees relief</b>		- معایب همانند روش shot peen - نا مناسب برای عملکرد خستگی با سیکل پایین

stress relief Thermal (PWHT)	- عملکرد عالی در کار	- مشکوک در مزایا - محدودیت عملکردی در ورقهای بزرگ - نیاز به تجهیزات خاص - استفاده بیشتر برای دوام ابعادی در بهبود خستگی
Vibratory stress relief		- مشکوک در مزایا - محدودیت عملکردی در قطعات بزرگ - نیاز به تجهیزات خاص
Spot heating	- یک تکنیک تعمیراتی عالی - تجهیزات در دسترس - عالی برای ورقهای بزرگ	- مناسب برای یک قسمت محدود - باید ناحیه ترک مشخص باشد - نا موثر برای جوشهای متقاطع - برای ورقهای نازک نیاز به انرژی زیاد
Gunnert.s method	- نیاز به دانستن شروع ترک - بدون نیاز به کنترل دما	- نیاز به دمای بالای 550 c - سرد کردن باید ناحیه ایی باشد - نیاز به تجهیزات خاص
Explosive treatment	- ارزان و سریعتر از عملکرد حرارتی - نیاز به تجهیزات خاص ندارد	- خطرناک - کیفیت کنترل مشکل - عملکرد مردد

فهرست منابع :

مقاله کنفرانس :

,Kiev Ukraine - Norwegian University of Science and Technology, NTNU Trondheim Norway

7 - K.J. Kirkhope, R. Bell, L. Caron, R.I. Basu, K. T. Ma ,” Weld detail fatigue life improvement techniques”. Part 1: review , Atomic Energy Control Board, 1998, Ottawa, Canada - , Carleton University,1999 Ottawa, Canada - American Bureau of Shipping, Houston,1999, TX, USA

8 - K.J. Kirkhope, R. Bell, L. Caron, R.I. Basu, K. T. Ma ,”Weld detail fatigue life improvement techniques”. Part 2: application to ship structuresq , , Atomic Energy Control Board, 1998, Ottawa, Canada - ,”Carleton University,1999 Ottawa, Canada - American Bureau of Shipping, Houston,1999, TX, USA

ملجم ملقم :

9 – w.Ting, W.Dongpo ,” H. Lixing, Z. Yufeng , “ Discussion on fatigue design of welded joints enhanced by ultrasonic peening treatment (UPT) “ , International Journal of Fatigue 31 و 2009

10- M. Liao, W.R. Chen, N.C. Bellinger , “Effects of ultrasonic impact treatment on fatigue behavior of naturally exfoliated aluminum alloys “ , International Journal of Fatigue 30 , 2008

1 – e.s. Statnikov ,” Guide for application of ultrasonic impact treatment improving fatigue of welded structures “ , 1999 ,Applied Ultrasonics ,Birmingham Alabama USA - Northern Scientific & Technology Company 6 Voronin, Russia

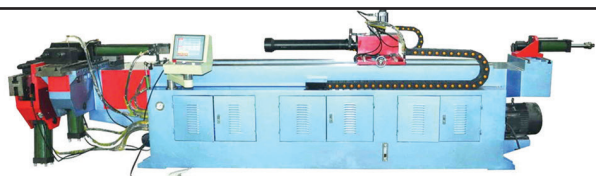
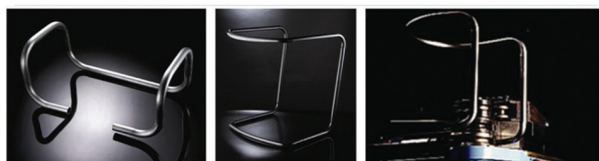
2 – V.matti Lihavainen and G. Marquis , “ fatigue strength of a longitudinal attachment improvement by ultrasonic impact treatment “ , Applied ultrasonics, 1990 , Birmingham Alabama USA- Lappeenranta University of Technology, Finland

3 – S.Roy, J.W. Fisher, “ Enhancing Fatigue Strength by Ultrasonic Impact Treatment “ , atlss Engineering Research Center , Lehigh University USA

4 - e.s. Statnikov ,” Application of operational ultrasonic impact treatment (UIT) technologies in production of welded joints”, Northern Scientific & Technological Fund, Severodvinsk, Russia

5 – E.s. Statnikov” Physics and mechanism of ultrasonic impact treatment “ , Applied Ultrasonics , Alabama USA- Northern Scientific and technology Company (NSTC), Russia

6 - E.S. Statnikov, V.O. Muktepavel, V.N. Vityazev, “Comparison of the Improvement in Corrosion Fatigue Strength of Weld Repaired Marine Cu 3-grade Bronze Propellers by UIT or Heat Treatment” , Applied Ultrasonics, Birmingham Alabama USA - Northern Scientific & Technology Company, Archangelsk Region Russia - The E.O. Paton Electric Welding Institute



the fatigue limit without changing the slope of the S-N curve in the finite life region. This indicated that the method could be also applied for large fabricated structures operating under high reactive residual stresses equilibrated within the volume of the structure.

yield strength of 345 (GRADE 345W) to 690 (GRADE 690W) Mpa by specimens having welded details at cover plates and transverse stiffeners and eight built-up specimens having only transverse stiffener details were fatigue tested after treating them by UIT. A partial factorial experiment was conducted at various levels of stress range between 52 and 201 MPa, and at various levels of minimum stress, resulting in stress ratios not exceeding 0.6. Test results indicated that UIT enhanced the fatigue performance of all treated details by improving the weld toe profile, changing microstructure, and introducing beneficial compressive residual stresses at the treated region. The treatment effectively elevated

### عکسهایی از فرایند UIT :

