

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران

## بررسی انواع جوشکاری در زیر آب و عملکرد آن

جهان تقی زاده<sup>۱\*</sup>، محمدامامی<sup>۲</sup>، روح اله ارمنده<sup>۳</sup>، جعفر ارمنده<sup>۴</sup>، جواد ارمنده<sup>۵</sup>

۱ و \* - نویسنده مسوول: استادیار گروه مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی قم

[Taghizadeh@gut.ac.ir](mailto:Taghizadeh@gut.ac.ir)

۲- محمد امامی دانشجوی کارشناسی مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی قم

۳- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک- ساخت و تولید موسسه آموزش عالی آزاد پارسیان قزوین

[rarmandei@yahoo.com](mailto:rarmandei@yahoo.com)

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک- ساخت و تولید موسسه آموزش عالی آزاد پارسیان قزوین

[j.armandei@gmail.com](mailto:j.armandei@gmail.com)

۵- دانشجوی کارشناسی ارشد مکانیک- دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین

[jarmandei@yahoo.com](mailto:jarmandei@yahoo.com)

### چکیده

جوشکاری زیر آب از شروع دهه هفتاد میلادی به دلیل استخراج نفت و گاز از عمق دریا به عنوان مساله ای مهم در صنعت دریایی مطرح شد. بر حسب نوع پروژه و کیفیت مورد نظر برای جوش، در مورد روش مناسب جوشکاری، نوع فولاد یا آلیاژ مورد استفاده عمق مناسب برای جوشکاری و کیفیت جوش تصمیم گیری می شود. نیاز به دست یابی به جوش های با کیفیت بالا در زیر آب، باعث انجام تحقیقات و آزمایش های گسترده ای در این زمینه شد و تا کنون نیز پیشرفت های قابل توجهی در زمینه های تکنیکی و متالورژیکی جوشکاری زیر آب حاصل شده است. تعمیر و نگهداری نیز همواره به عنوان یکی از مشکلات سازه های دریایی مطرح بوده است. بسیاری از سازه های تخریب شده می توانند با تکنیک های جوشکاری زیر آب تعمیر شوند.

واژگان کلیدی: جوشکاری مرطوب ، جوشکاری خشک ، جوشکاری بیش فشار

## ۱- مقدمه

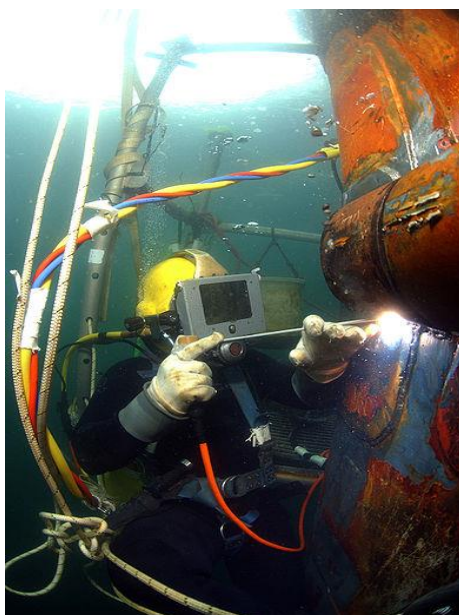
بیش از یک صد سال است که قوس الکتریکی در جهان شناخته شده و بکار گرفته می شود. اما اولین جوشکاری زیر آب توسط نیروی دریایی بریتانیا انجام شد در آن زمان یک کارخانه کشتی سازی برای آب بند کردن نشت های موجود در پرچ های زیر کشتی که در آب واقع شده بود از جوشکاری زیر آبی بهره گرفت. در کارهای تولیدی که در زیر آب انجام می پذیرد، جوشکاری زیر آبی یک ابزار مهم و کلیدی به شمار می آید. در سال ۱۹۴۶ الکتروود های ضد آب ویژه ای توسط وان در ویلیجن ۱ در هلند توسعه یافت. سازه های فرا ساحلی از قبیل دکل های حفاری چاه های نفت، خطوط لوله و سکوه های ویژه ای که در آب ها احداث می شوند، در سالهای اخیر به طرز چشمگیری در حال افزایش اند. بعضی از این سازه ها نواقصی را در عناصر تشکیل دهنده اش و یا حوادث غیر مترقبه از قبیل طوفان تجربه خواهند کرد. در این میان هرگونه روش بازسازی و مرمت در این گونه سازه ها مستلزم استفاده از جوشکاری زیر آبی است .

جوشکاری زیر آب در زیر آب توسط ذوب فلزات روسیه کنستانتین\* در سال ۱۹۳۲. اختراع شد

## ۲- کاربرد

فرایندهای جوشکاری تقریباً در تمام صنایع تولیدی و برای استفاده ساختاری به طور فزاینده مهم تبدیل شده اند. اگر چه تعداد زیادی از تکنیک های جوش در فضای در دسترس هستند، بسیاری از این تکنیک می تواند در برنامه های دریایی و دریایی استفاده می شود که در آن حضور آب است از دغدغهی اصلی. در این راستا، آن مرتبط است توجه داشته باشید که اکثریت بزرگی از تعمیر دریایی و سطوح تراز وسط کار است در عمق نسبتاً کم عمق انجام شده، در منطقه متناوب با آب شناخته شده به عنوان منطقه چلپ چلوپ پوشیده شده است. هر چند عددی ترین تعمیر و جوشکاری کشتی شغل هستند در عمق کم عمق انجام، کار ترین فن آوری به چالش کشیدن تعمیر در اعماق بیشتر است، به خصوص در خطوط لوله و تعمیر شکست تصادفی. مزایای استفاده از جوشکاری در زیر آب هستند تا حد زیادی از ماهیت اقتصادی، به دلیل زیر آب جوش و نگهداری و تعمیر مشاغل دریایی را دور می زند نیاز به جلو و ساختار از دریا و موجب صرفه جویی در وقت با ارزش و هزینه های اتصال خشک است. این روش مهم برای تعمیرات اضطراری که اجازه می دهد ساختار آسیب دیده به توان با خیال راحت به امکانات خشک برای تعمیر و یا دور انداختن حمل و نقل دائمی است. جوشکاری زیر آب در هر دو داخلی و محیط های دریایی استفاده می شود، هر چند آب و هوای فصلی جوشکاری زیر آب دریایی در زمستان جلوگیری می کند. در هر دو محل، سطح عرضه هوا به روش غواصی رایج ترین برای جوشکار زیر آب است.

\* Khrenov



شکل (۱) - نیروی دریایی آمریکا در حال کار

### ۳- اثر آب بر فرآیندهای جوشکاری

فرآیندهای قوسی در آب دریا نسبت به آب شیرین، قوس نرمتر و پایداری بیشتری دارند که به علت وجود یون‌های پایدارکننده قوس در آب دریا می‌باشد. این یون‌ها از تجزیه نمک‌ها در قوس حاصل می‌شود. عمق آب یا فشار نیز اثر قابل توجهی دارد. افزایش فشار باعث می‌شود که قوس متمرکز شده و دمای هسته قوس افزایش یابد. در نتیجه میزان نفوذ و هم‌چنین سرعت انتقال حرارت به اطراف بالا می‌رود. با توجه به این شرایط شدت جریان در مقایسه با جوشکاری در هوا حدود ۲۰ الی ۲۵ درصد بیشتر در نظر گرفته می‌شود. هم‌چنین به خاطر افت قابل توجه ولتاژ به خاطر طولانی بودن کابل‌ها، توان بیشتری در دستگاه‌ها و تجهیزات در نظر گرفته می‌شود.

به خاطر تمرکز حرارتی در قوس مقداری از آب‌های اطراف قوس تجزیه شده و حباب‌های پایدار در اطراف قوس ایجاد می‌کنند. این حباب‌ها اثرات متفاوتی بر جوش دارند، از جمله می‌توانند به عنوان گاز محافظ برای قوس عمل کنند. از طرفی، گاز موجود در حباب‌ها منبع اصلی تخلخل در جوش نیز می‌باشد. به خاطر دمای بالای قوس، مقداری از هیدروژن موجود به صورت اتمی در می‌آید. این هیدروژن پس از جذب ممکن است باعث ایجاد ترک سرد هیدروژنی در جوش یا منطقه کنار جوش شود.

به منظور بررسی دقیق‌تر تاثیر آب بر فرآیندهای جوشکاری بد نیست مقایسه بین جوشکاری زیر آب با جوشکاری در هوا انجام شود:

- ۱- سرعت جوشکاری در این دو حالت فرق چندانی با هم ندارد.
- ۲- در هر دو محیط، شدت جریان را می‌توان مهمترین متغیر موثر بر نفوذ در نظر گرفت. محیط جوشکاری و اندازه الکتروود اثر کم‌رنگ‌تری دارند.
- ۳- نفوذ ناقص و بریدگی کنار جوش جزء رایج‌ترین عیوب حاصل هستند.
- ۴- ابعاد جوش در دو حالت فرق چندانی با هم ندارد. شکل کلی جوش نیز از این اصل پیروی می‌کند. بنابراین اثرات بحرانی آب در این مورد کم‌رنگ جلوه می‌کند.

- ۵- در ولتاژ ثابت، جوشکاری زیر آب نیاز به شدت جریان بیشتری دارد.
- ۶- در جوشکاری زیر آب درصد مواد موجود در مخلوط گازی اطراف قوس (حباب‌هایی تشکیل شده) در حال تغییر است. دلیل آن گرمای حاصل از قوس و تبخیر آب و نیز خارج شدن حباب‌های بخار و گاز از آب است که فرکانس خروجی آن‌ها حدوداً ۱۵ حباب در ثانیه است.
- ۷- در جوشکاری زیر آب فشار در مخلوط گازی با فشار اطراف خود برابر است، یعنی با افزایش عمق این فشار هم زیاد می‌شود.
- ۸- با توجه به این که هدایت حرارتی در آب ۲۵ برابر و ظرفیت گرمایی ویژه آب نیز ۳۵۰۰ برابر هوا است، جوش و منطقه تحت تأثیرش در محیط آب به سرعت سرد می‌شوند.

#### ۴- طبقه بندی جوشکاری زیر آبی

جوشکاری زیر آبی را می‌توان در دو دسته طبقه بندی کرد:

- ۱- جوشکاری مرطوب
- ۲- جوشکاری خشک

#### ۴-۱- جوشکاری مرطوب

نام جوشکاری مرطوب حاکی از آن است که جوشکاری که در زیر آب صورت می‌پذیرد، مستقیماً در معرض محیط مرطوب قرار دارد. در این روش از جوشکاری از نوعی الکتروود ویژه استفاده می‌شود و جوشکاری به صورت دستی درست مانند همان جوشکاری که در فضای بیرون آب انجام می‌شود، صورت می‌گیرد. آزادی عملی که جوشکار در حین جوش کاری از این روش دارد، جوشکاری مرطوب را موثر تر و به روشی کارا و از نقطه نظر اقتصادی مقرون به صرفه کرده است. تامین کننده نیروی جوشکاری روی سطح مستقر شده است و توسط کابل‌ها و شیلنگ‌ها به غواص یا جوشکار متصل می‌شود.

در جوشکاری مرطوب MMA\* دو مشخصه زیر بکار گرفته می‌شود:

تامین کننده نیرو: DC

قطبیت: قطبیت منفی

اگر از جریان DC و قطب مثبت استفاده شود، برقکافت روی داده و سبب خراب شدگی و از بین رفتن سریع اجزاء فلزی نگهدارنده الکتروود می‌شود. برای جوشکاری مرطوب از جریان AC نیز به دلیل عدم امنیت کافی و وجود مشکلاتی که در حفاظت از قوس در زیر آب وجود دارد، استفاده نمی‌شود.

منبع تغذیه می‌بایستی یک دستگاه جریان مستقیم که دارای رده بندی آمپر بین ۳۰۰ تا ۴۰۰ است، باشد. دستگاه‌های جوشکاری ژنراتور موتور اغلب برای جوشکاری مرطوب مورد استفاده قرار می‌گیرد. پیکره دستگاه جوشکاری می‌بایستی در پایین، زیر کشتی قرار داده شده باشد. مدار جوشکاری می‌بایستی شامل نوعی سوئیچ مثبت باشد که معمولاً از یک کلید تیغه ای استفاده می‌شود و از جوشکار غواص فرمان می‌گیرد. کلید تیغه ای در مدار الکتروود می‌بایستی در تمام طول جوشکاری در

\* Manual Metal Arc Welding (MMA)

برابر شکسته شدن مقاوم باشد و نیز از امنیت کافی برخوردار باشد. منبع تغذیه جوشکاری می بایستی در حین فرایند جوشکاری تنها به نگهدارنده الکتروود وصل باشد. در این روش از جریان مستقیم همراه با الکتروود منفی و نیز از نگهدارنده الکتروود ویژه ای که در برابر آب عایق هستند استفاده می شود. نگهدارنده های الکتروود جوشکاری که در زیر آب بکار گرفته می شوند از یک سر خمیده برای گرفتن الکتروود و نگه داشتن آن در خود بهره می برند و ظرفیت پذیرش دو نوع الکتروود را دارد. نوع الکتروودی که به کار گرفته می شود بر طبق استاندارد AWS\* در طبقه بندی E ۶۰۱۳ قرار گرفته است. این الکتروود ها می بایستی ضد آب باشند و تمامی اتصالات نیز باید طوری عایق بندی شده باشد که آب نتواند با قسمت های فلزی کوچکترین تماسی داشته باشد. اگر عایق بندی شکستگی داشته باشد و یا قسمتی از آن ترک داشته باشد، آنگاه آب می تواند با فلز رسانا تماس پیدا کرده ، موجب ایجاد نقص و در نهایت کار نکردن قوس شود. به علاوه اینکه ممکن است خوردگی سریع مس در قسمتی که عایق ترک خورده است، ایجاد شود .

#### ۴-۱-۱- نحوه عملکرد جوشکاری مرطوب

پروسه ی جوشکاری مرطوب در زیر آب طی مراحل زیر صورت می پذیرد:

قطعه کاری که قرار است جوش داده شود به یک طرف مدار الکتریکی متصل بوده و الکتروود فلزی در طرف دیگر مدار. این دو قسمت از مدار (الکتروود و قطعه کار) کمی به یکدیگر نزدیک شده ولی بعد از مدتی از یکدیگر فاصله می گیرند. در حین نزدیک شدن الکتروود به قطعه کار، جریان الکتریکی وارد شکاف شده و باعث ایجاد یک جرقه الکتریکی پایستار می شود(قوس) و باعث ذوب شدن فلز در آن ناحیه و شکل گرفتن حوضچه جوش می شود. در این زمان، نوک الکتروود ذوب شده و ذره های کوچک فلز در حوضچه مذاب جمع می شود. در طول این عمل جریان مذابی، نوک الکتروود را پوشش داده و روکش الکتروود گاز محافظ را ایجاد می کند. که موجب استحکام بخشیدن به قوس شده و همان طور که گفته شد از جریان فلز مذاب محافظت می کند. قوس در یک منطقه حفره مانند ذوب می شود و جوش را پدیدار می سازد.

#### ۴-۱-۲- مزایای جوشکاری مرطوب

جوشکاری مرطوب که در زیر آب به صورت دستی صورت می گیرد، در مرمت و بازسازی سازه های فراساحلی در سالهای اخیر به سرعت در حال رشد و گسترش است.

از جمله فواید جوشکاری مرطوب می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- چند کاره بودن و داشتن هزینه کمتر در جوشکاری مرطوب باعث شده که میل و اشتیاق بیشتری به این روش وجود داشته باشد.
- ۲- برخورداری از سرعت مناسب در هنگام اجرای طرح از دیگر مزایای این روش است.
- ۳- در مقایسه با جوشکاری خشک هزینه کمتری دارد.
- ۴- در این روش جوشکار می تواند به قسمت هایی از سازه های فراساحلی دسترسی داشته باشد که با استفاده از روش های دیگر قابل جوشکاری نیست.

\* American Welding Society (AWS)

- ۵- احتیاج به هیچ نوع محصور سازی نبوده و بنابراین زمانی نیز برای آن تلف نخواهد شد. تجهیزات و دستگاههای استاندارد مرسوم به آسانی قابل استفاده است .
- ۶- به وسایل زیادی هم برای انجام یک کار جوشکاری مورد نیاز نیست.

#### ۴-۱-۳- معایب جوشکاری مرطوب

اگر چه جوشکاری مرطوب کاربرد گسترده ای پیدا کرده است ولی همچنان از وجود نواقصی رنج می برد، از آن جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- ۱- آبدیدگی سریع فلز جوشکاری دلیل این آبدیدگی آبی است که در اطراف آن وجود دارد. اگرچه آبدیدگی نیروی تنش پذیری را در جوشکاری افزایش می دهد ولی میزان کش پذیری و موثر بودن جوش را کاهش داده، سختی و روزن داری آن را بالا می برد.
- ۲- تولید زیاد هیدروژن حجم بسیار زیادی از هیدروژن در منطقه جوشکاری ایجاد می شود که بر اثر تفکیک بخار آب در منطقه قوس به وجود آمده است. H<sub>2</sub> موجود در \*HAZ در فلز جوشکاری حل می شود که باعث ایجاد ترک خوردگی و شکاف های میکروسکوپی می شود.
- ۳- از دیگر معایب آن دید پذیری کم است. گاهی اوقات جوشکار نمی تواند به درستی منطقه مورد نظر را جوش دهد.

#### ۴-۲- جوشکاری بیش فشار<sup>□</sup> ( جوشکاری خشک)

جوشکاری بیش فشار در اتاقک های پلمپ شده در اطراف سازه یا قطعه ای که می خواهد جوشکاری شود، استفاده می شود. این اتاقک در یک فشار معمولی پر از گاز می شود (که معمولاً از هلیوم حاوی نیم بار<sup>۵</sup> اکسیژن است). این جایگاه روی خطوط لوله قرار گرفته و با هوایی مخلوط از هلیوم و اکسیژن که قابل تنفس باشد پر شده و در فشاری که جوشکاری آنجا صورت می پذیرد و یا فشاری بیشتر از آن اجرا می شود. در این روش در اتصالات جوش بسیار با کیفیتی ایجاد می شود به طوری که با اشعه ایکس و دیگر تجهیزات لازم ایجاد می شود. فرایند جوشکاری قوس گاز تنگستن در این قسمت بکار گرفته خواهد شد. محوطه زیر جایگاه در معرض آب قرار دارد. بنابراین جوشکاری در محل خشکی صورت گرفته ولی در فشار هیدرو استاتیکی آب دریا که در محیط مجاور آن قرار دارد.

#### ۴-۲-۱- مزایای جوشکاری خشک

- ۱- ایمنی غواص جوشکاری در یک اتاقک صورت گرفته که موجب مصون ماندن جوشکار از جریانات اقیانوسی و یا احتمالاً موجودات دریایی می شود. این جایگاه خشک و گرم از روشنایی مطلوبی برخوردار بوده و از سیستم کنترل محیط خاصی نیز بهره می گیرد. (ESC)\*

\* Heat Affected Zone (HAZ)

□ خشک نگه داشتن محفظه تحت فشار زیاد

- ۲- کیفیت خوب جوش این روش توانایی ایجاد جوش هایی را دارد که حتی می توان آن را با جوش های موجد در فضای باز و در مجاورت هوا مقایسه کرد. دلیل این امر اینست که دیگر آبی وجود ندارد که بخواهد جوش را خاموش و یا قطع کند. و نیز اینکه میزان هیدروژن ( $H_2$ ) تولیدی آن خیلی کمتر از جوشکاری های مرطوب است.
- ۳- کنترل سطح آماده سازی اتصال، هم ترازوی لوله، بررسی آزمایش ضد مخرب (NDT) <sup>†</sup> و غیره به صورت عینی کنترل و تنظیم می شوند.
- ۴- آزمون غیر مخرب (NDT) آزمون غیر مخرب برای محیط خشک جایگاه تسهیل شده است.

#### ۴-۲-۲- معايب جوشکاری خشک

اتاقک یا جایگاه جوشکاری تجهیزات پیچیده و خدمات پشتیبانی زیادی را مستلزم می داند و خود اتاقک به طرز غیر متعارفی پیچیده است. هزینه و ارزش مالی این اتاقک به صورت قابل ملاحظه ای بالا بوده و بسته به عمق محل کار هزینه آن افزایش می یابد. عمق محل جوشکاری در کار تاثیر می گذارد، طوری که در اعماق بیشتر جمع کردن قوس و استفاده از ولتاژهای بالاتر و متناسب با آن لازم و ضروری می باشد. انجام یک کار جوشکاری بدین شکل هزینه ای بالغ بر ۸۰۰۰۰ دلار دارد. و نیز گاهی اوقات نمی توان از یک اتاقک برای چند کار مختلف استفاده کرد، که البته این مشکل بستگی به نوع کارها و میزان تفاوت آنها دارد.

#### ۴-۲-۳- خطرات بغرنج

برای غواص یا جوشکار خطر شک الکتریک وجود خواهد داشت. اقدامات احتیاطی که انجام شده اند عبارتند از عیق بندی مناسب و در حد کافی تجهیزات جوشکاری، بسته شدن منبع الکتریسیته درست زمانی که قوس به پایان می رسد و نیز محدود کردن ولتاژ جوشکاری قوس فلزی دستی در مدار باز دستگاه جوشکاری. خطر دیگر تولید شدن هیدروژن و اکسیژن در جوشکاری مرطوب توسط قوس است. اقدام های احتیاطی می بایستی در مورد بلند کردن کپسول های گاز نیز رعایت شود. به این دلیل که آنها به صورتی بالقوه توانایی زیادی برای منفجر شدن دارا هستند. خطر بعدی ای که سلامت یا جان جوشکار را تهدید می کند نیتروژنی است که در فشار زیاد در معرض هوا قرار گرفته و می تواند به وی آسیب برساند. اقدامات احتیاطی شامل فراهم آوری یک منبع گاز یا هوای اضطراری می شود که در کنار غواص قرار گرفته است و نیز اتاقک فشار زدایی برای جلوگیری از خفگی توسط نیتروژن که بعد از اشباع شدن روی سطح پخش می شود. در سازه هایی که از جوشکاری مرطوب زیر آب استفاده می کنند، بازرسی بعد از جوشکاری ممکن است بسیار مشکل تر از جوشکاری هایی باشد که در محیط بیرون و در معرض هوا انجام می پذیرد. اطمینان از بی نقص بودن چنین جوشکاری هایی به مراتب اهمیت بیشتری پیدا کرده و در واقع احتمال عیب و کاستی ناشناخته ای پدیدار شود، وجود دارد.

\* Environmental Control System (ECS)

† Non-Destructive Testing (NDT)



#### ۵- نتیجه گیری

مدت های مدیری جوشکاری مرطوب به عنوان یک تکنیک جوشکاری، در زیر آب مورد استفاده قرار می گرفته و هنوز هم این روش مرسوم است. اخیراً با پیشرفت هایی که در زمینه ساخت سازه های فرا ساحلی صورت گرفته، اهمیت جوشکاری زیر آبی را به طرز پیش بینی شده ای بالا برده است. این امر منجر به توسعه یافتن روش های جوشکاری دیگر از قبیل جوشکاری سایشی\*، جوشکاری انفجاری<sup>†</sup> و جوشکاری عمودی<sup>‡</sup> شده است که هم اکنون مطالب قابل قبول و کافی در این زمینه برای ارائه وجود ندارد.

#### ۶- منابع و مراجع

1. Stepath M. D, Underwater welding and cutting yields slowly to research, Welding Engineer, April ۱۹۷۳.
2. Silva, Hazlett, Underwater welding with iron – powder electrodes, Welding Journal, 1971.
3. • Smith, Matt. "Underwater Welding Salary & Risk Factor". Water Welders. Matt Smith. Retrieved 8 May 2015.
4. Carl W. Hall A biographical dictionary of people in engineering: from the earliest records until 2000, Vol. 1, Purdue University Press, 2008 ISBN 1-55753-459-4 p. 120

---

\* Friction Welding

† Explosive Welding

‡ Stud Welding

# SID



ابزارهای  
پژوهش



سرویس ترجمه  
تخصصی



کارگاه های  
آموزشی



بلاگ  
مرکز اطلاعات علمی



سامانه ویراستاری  
STES



فیلم های  
آموزشی

## کارگاه های آموزشی مرکز اطلاعات علمی



تازه های آموزش  
آموزش مهارت های کاربردی در تدوین و چاپ مقالات ISI

آموزش مهارت های کاربردی  
در تدوین و چاپ مقالات ISI



تازه های آموزش  
روش تحقیق کمی

روش تحقیق کمی



تازه های آموزش  
آموزش نرم افزار Word برای پژوهشگران

آموزش نرم افزار Word  
برای پژوهشگران