

ISSN 1735-5540

شماره مجوز انتشارات از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلام  
ناشر تخصصی کنفرانسهای کشورنام کاربری  رمز عبور  ورود  
ثبت نام | فراموشی رمز عبور | راهنمای استفاده از سایت | **بشپتیانی کاربردان** | عضویت ویژه کتابخانه هاWe Respect the Science  
**CIVILICA****مرجع دانش**

درباره

لیست کنفرانسها

جستجو در مقالات

صفحه اول



[ گز ]

لینکها

[ اعتبار مورد نیاز: 1 | تعداد صا ]

اطلاعات مقاله

<b>عنوان مقاله:</b>	بررسی تأثیر دمای آب، بر میزان تنش های پسماند ناشی از فرآیند جوش تحلیل آگزری		
<b>سرفصل مربوط:</b>	<b>سال انتشار:</b>	1391	
<b>نوع ارایه:</b>	<b>محل انتشار:</b>	[ اولین کنفرانس بین المللی نفت ]	
<b>زبان مقاله:</b>	<b>حجم فایل:</b>	فارسی	690.54 کیلوبایت

نمایش خلاصه مقاله

**بررسی تأثیر دمای آب، بر میزان تنش های پسماند ناشی از فرآیند جوشکاری لول**  
Fulltext **آگزری**

نویسندگان:

[ سعید حنایی ] - دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی  
[ مجتبی ماموریان ] - استادیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی  
[ عماد نوری فر ] - دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی

خلاصه مقاله:

در این تحقیق تأثیر دمای آب و سرعت جوشکاری بر میزان تنش های پسماند ناشی از جوش گرفته است. متد ارائه شده در این مقاله بر اساس اختلاف بازده انرژی و آگزری در فرآیند ناپذیری در خلال جوشکاری است و چون تن شهای پسماند از مهمترین دلایل بازگشتناپذیر تغییرات تنش هایپسماند باشد. این اختلاف منتهی می شود به پارامتری که آن را تولید انرژی و آگزری برای فرآیند جوشکاری زیر آب، تأثیر دمای آب بر تنش های پسماند جوشکاری است. از سویی دیگر برای دست یابی به دمای بهینه آب، پارامتری به صورت نسبت بازده پارامتر می تواند به عنوان معیاری برای محاسبه دمای بهینه آب، در فرآیند جوشکاری مورد دمای آب کاهش و بازده آگزری، افزایش می یابد. در حالی که افزایش سرعت، هر دو با کاهش می یابد که بیانگر کاهش تنش های پسماند (و تولید انرژی) خواهد بود. در سرعت بیشتری دارد، لذا از گرمایش موضعی قطعهم بتوان به عنوان روشی سودمند در جهت کاهش میزان تأثیرگذاری این گرمایش در سرعت های بالای جوشکاری، بیشتر خواهد بود. در این محاسبه شده است. نظر به میزان بالای صحت نتایج و سهولت متد ارائه شده، این شیو بسیاری از روش های مرسوم گردد.

کلمات کلیدی:

جوشکاری زیر آب- تنش های پسماند جوشکاری- لوله های انتقال نفت و گاز - بازده انرژی-

[ لینک دائمی به این صفحه: ICOGPP01-ICOGPP01\_201.html ]

نمایش صفحه قابل چاپ خلاصه

پیشنهاد کتاب از لایبریا



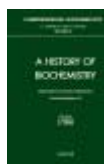
ASM Handbook: Welding, brazing, and soldering:



Metals Handbook: Properties and selection:



ASM handbook:



Selected topics in the history of biochemistry - personal recollections VII: This book is the latest volume in a highly successful series within Comprehensive Biochemistry and provides a historical and autobiographical perspective of the ...



Artificial organs: The replacement or augmentation of failing human organs with artificial devices and systems has been an important element in health care for several decades.

# بررسی تأثیر دمای آب، بر میزان تنش های پسماند ناشی از فرآیند جوشکاری لوله های انتقال نفت و گاز، در زیر آب، با استفاده از تحلیل اگرژی

سعید حنایی<sup>۱</sup>، دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی  
مجتبی ماموریان<sup>۲</sup>، استادیار گروه مکانیک دانشگاه فردوسی  
عماد نوری فر<sup>۳</sup>، دانشجوی کارشناسی ارشد تبدیل انرژی

## چکیده

در این تحقیق تأثیر دمای آب و سرعت جوشکاری بر میزان تنش های پسماند ناشی از جوشکاری لوله های انتقال نفت و گاز در زیر آب، مورد بررسی قرار گرفته است. متد ارائه شده در این مقاله بر اساس اختلاف بازده انرژی و اگرژی در فرآیند جوش می باشد. این اختلاف، بیانگر تولید انرژی (بازگشت ناپذیری) در خلال جوشکاری است و چون تنش های پسماند از مهمترین دلایل بازگشت ناپذیری می باشند، لذا اختلاف دو بازده می تواند معیاری از چگونگی تغییرات تنش های پسماند باشد. این اختلاف منتهی می شود به پارامتری که آن را تولید انرژی بی بعد شده می نامیم. در این راستا پس از تعریف بازده انرژی و اگرژی برای فرآیند جوشکاری زیر آب، تأثیر دمای آب بر تنش های پسماند جوشکاری در سرعت های مختلفی از جوشکاری مورد بررسی قرار گرفته است. از سویی دیگر برای دستیابی به دمای بهینه آب، پارامتری به صورت نسبت بازده اگرژی به بازده انرژی تعریف شده و نشان داده شده که این پارامتر می تواند به عنوان معیاری برای محاسبه دمای بهینه آب، در فرآیند جوشکاری مورد استفاده قرار گیرد. نتایج نشان می دهد بازده انرژی با افزایش دمای آب کاهش و بازده اگرژی، افزایش می یابد. در حالی که افزایش سرعت، هر دو بازده را افزایش می دهد. همچنین اختلاف دو بازده با افزایش دما کاهش می یابد که بیانگر کاهش تنش های پسماند (و تولید انرژی) خواهد بود. در سرعت های بالاتر، در اثر افزایش دمای آب، تنش های پسماند کاهش بیشتری دارد، لذا از گرمایش موضعی قطعه می توان به عنوان روشی سودمند در جهت کاهش تنش های پسماند جوشکاری در زیر آب بهره برد که البته میزان تأثیرگذاری این گرمایش در سرعت های بالای جوشکاری، بیشتر خواهد بود. در این مقاله برای لوله مورد بحث، میزان دمای بهینه، 300 کلوین محاسبه شده است. نظر به میزان بالای صحت نتایج و سهولت متد ارائه شده، این شیوه بررسی تنش های پسماند، می تواند جایگزین مناسبی برای بسیاری از روش های مرسوم گردد.

**واژه های کلیدی:** جوشکاری زیر آب- تنش های پسماند جوشکاری- لوله های انتقال نفت و گاز - بازده انرژی-بازده اگرژی

1- مشهد، دانشگاه فردوسی، دانشکده فنی، گروه مهندسی مکانیک (saeid2003soh@yahoo.com)

2- مشهد، دانشگاه فردوسی، دانشکده فنی، گروه مهندسی مکانیک (mamourian@um.ac.ir)

3- مشهد، دانشگاه فردوسی، دانشکده فنی، گروه مهندسی مکانیک (e.noorifar@yahoo.com)

## 1- مقدمه

فناوری جوشکاری زیر آب، از زمان جنگ جهانی دوم، به منظور تعمیر سریع کشتی‌های آسیب دیده در درون آب بوجود آمد؛ چرا که بیرون آوردن کشتی‌ها از آب برای رفع اشکال، نه تنها در آن دوران بلکه امروزه نیز بسیار هزینه ساز است. با این حال، کاربردهای جوشکاری زیر آب، منحصر به تعمیر کشتی‌ها باقی نماند. از مهمترین کاربردهای این نوع از جوشکاری، اتصالات مربوط به خطوط انتقال نفت و گاز در میادین آبی است [1].

یکی از مهمترین عیوب رایج در اتصالات جوش این خطوط، ایجاد تنش‌های پسماند، پس از اتمام عملیات جوشکاری است که می‌تواند سبب ایجاد و گسترش ترک در اتصالات گردد. از آن جا که این تنش‌ها در اثر گرادپان‌های شدید گرمایی ایجاد می‌گردد، لذا انتظار می‌رود دمای آب در میزان این تنش‌ها موثر باشد [2].

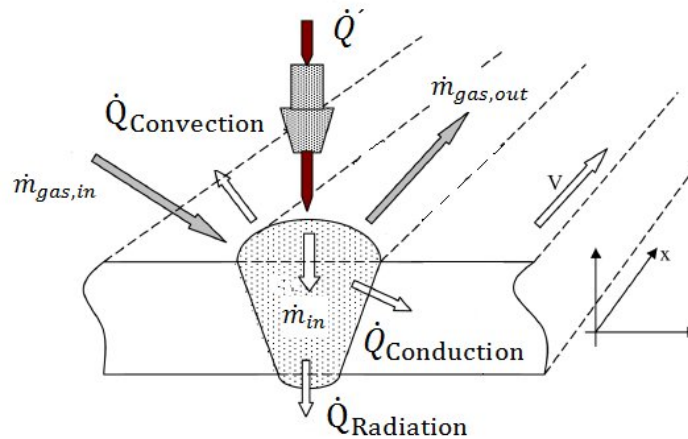
در این مطالعه، روابط تحلیلی بازده انرژی و بازده انرژی برای جوشکاری زیر آب نوشته شده، سپس تاثیر دمای آب و سرعت جوشکاری بر میزان این دو بازده بررسی گردیده است. تفاوت مقدار بازده انرژی و انرژی، ناشی از بازگشت‌ناپذیری‌های فرآیند جوشکاری زیر آب می‌باشد [3]. این بازگشت‌ناپذیری‌ها می‌تواند به علت نیروهای مارانگونی، اختلاط فلزها، نیروهای شناوری در حوضچه سیال، انتقال حرارت صورت گرفته و تنش‌های پسماند، ایجاد گردد [4] و [5]. بنابراین به کمک میزان اختلاف دو بازده مطرح شده، می‌توان معیاری از تاثیر دمای آب و سرعت جوشکاری بر مقدار تنش‌های پسماند ناشی از جوشکاری بدست آورد.

بحث از ترمودینامیک جوشکاری به منظور افزایش کیفیت جوش، در چند سال اخیر مطرح گردیده است [6]. القحطانی در سال 2008 میلادی، تاثیر پارمترهای پالس لیزر جوشکاری را بر نرخ تولید انرژی مورد مطالعه قرار داد [7]. ارتباط میان بازگشت‌ناپذیری (تولید انرژی) و تنش‌های پسماند ناشی از جوشکاری، توسط فلاحی و همکاران در سال 2011 میلادی ارائه گردید [8]. در آن تحقیق، با استفاده از رابطه تولید انرژی بر حسب توزیع دما، تاثیر توالی جوش بر میزان تنش‌های پسماند ناشی از جوشکاری مورد بررسی قرار گرفت. اما در این مقاله، برای نخستین بار از اختلاف دو بازده مورد بحث، که تولید انرژی بی‌بعد شده می‌نامیم، جهت بررسی تغییرات تنش‌های پسماند ناشی از جوشکاری در قبال تغییر دمای اولیه آب و سرعت جوشکاری استفاده شده است. همچنین پارامتری به صورت نسبت بازده انرژی بر انرژی معرفی شده که به عنوان معیاری برای مقدار بهینه دمای آب در فرآیند جوشکاری مورد استفاده قرار گرفته شده است.

## 2- مدل فیزیکی مسئله

جوشکاری در زیر آب، ماهیتی قوسی دارد و از این نظر کاملاً شبیه جوشکاری‌های قوسی معمولی است؛ با این تفاوت که برای جوشکاری در خشکی، هوا یونیزه می‌شود و در جوشکاری زیر آب، بخار آب یونیزه می‌گردد [1]. در شکل (1) فرآیندهای انتقال حرارت و انتقال جرم در طی جوشکاری زیر آب نشان داده شده است. مطابق شکل 1، مقداری از انرژی تولید شده در اثر جریان الکتریکی، به وسیله سه مکانیزم هدایت، جابه‌جایی و تشعشع اتلاف شده، قسمت اعظم آن موجب تولید فلز نوار جوش شده و مقدار اندکی نیز صرف تبخیر فلز می‌گردد. در این مسئله، قطعه در دمای اولیه  $T_{p0}$  قرار دارد که دمای اولیه آب است. چنانچه باند جوش به عنوان حجم کنترل در نظر گرفته شود، انرژی از طریق شعله وارد حجم کنترل شده که موجب بالا رفتن دمای آن و نهایتاً ذوب آن می‌گردد در حالی که دمای نواحی دورتر تقریباً برابر دمای اولیه آب فرض می‌شود. سپس، فلز ذوب شده به مرور منجمد می‌شود و گرمای خود را از طریق مکانیزم‌های هدایت حرارتی، تشعشع و جا به جایی حرارتی از دست می‌دهد.

دهد. سرمایه‌ش تا دمای اولیه آب ادامه می‌یابد که نقطه نهایی بررسی مسئله است. در این حالت فرض می‌گردد دمای قطعه به صورت یکنواخت و برابر  $T_{Pr}$  باشد.



شکل 1- فرآیندهای انتقال حرارت و انتقال جرم در طی جوشکاری

### 3- روابط بازده انرژی و بازده انرژی برای جوشکاری زیر آب

بازده انرژی برای فرآیند جوشکاری به فرم زیر تعریف می‌گردد:

$$\eta_I = \frac{\text{انرژی لازم برای تولید باند جوشکاری}}{\text{کل انرژی ورودی}} \quad (1)$$

رابطه فوق را می‌توان به شکل زیر بازنویسی کرد:

$$\eta_I = \frac{\dot{m}_{\text{bond}}(h_b - h_{in})}{\dot{Q}} \quad (2)$$

که در آن  $\dot{m}_{\text{bond}}$ ،  $h_b$  و  $h_{in}$  به ترتیب نرخ تغییر جرم نوار جوش، انتالپی ویژه باند و انتالپی ویژه ورودی به سیستم (نوار جوش) می‌باشد. از جرم فلز تبخیر شده می‌توان صرف نظر کرد [9]، لذا می‌توان نوشت:

$$\eta_I = \frac{\dot{m}_{\text{bond}}(h_b - h_{in})}{\dot{Q}} = \frac{\dot{m}_{\text{bond}} [C_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m]}{\dot{Q}_{\text{Conduction}} + \dot{Q}_{\text{Convection}} + \dot{Q}_{\text{Radiation}} + \dot{m}_{\text{Gas,out}} h_{\text{Gas,out}}} = \frac{\dot{m}_{\text{bond}} [C_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m]}{VI} \quad (3)$$

که در رابطه فوق،  $C_{p(\text{Solid})}$ ،  $L_m$ ،  $T_m$  و  $T_{Pr}$  به ترتیب ظرفیت گرمایی ویژه فلز باند، گرمای نهان ذوب، دمای ذوب فلز نوار جوش و مقدار دمای اولیه قطعه می‌باشد. با تقسیم صورت و مخرج کسر بر سرعت جوشکاری می‌توان نوشت:

$$\eta_I = \frac{v \cdot \dot{m}_{\text{bond}} [C_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m]}{UI \cdot d} \quad (4)$$

که در آن  $d$ ، طول باند جوشکاری و  $v$  سرعت حرکت شعله جوش است. بازده انرژی برای فرآیند جوشکاری به فرم زیر تعریف می‌گردد:

$$\eta_{II} = \frac{\text{انرژی لازم برای تولید باند جوش}}{\text{کل انرژی ورودی}} = \frac{\dot{m}_{\text{bond}}(x_b - x_{in})}{\dot{X}_{\text{Total}}} \quad (5)$$

که در آن،  $x_b$ ،  $x_{in}$  و  $\dot{X}_{\text{Total}}$  به ترتیب انرژی ویژه نوار جوش، انرژی ویژه ورودی به سیستم (نوار جوش) و نرخ کل انرژی ورودی به سیستم می باشد. می توان نوشت:

$$\dot{X}_b - \dot{X}_{in} = \dot{m}_{\text{bond}}[(h_b - h_{in}) - T_0(s_b - s_{in})] \quad (6)$$

$s_{in}$  و  $s_b$  به ترتیب انتروپی ویژه نوار جوش و انتروپی ویژه ورودی به سیستم هستند. نتیجتاً رابطه (7) حاصل می گردد:

$$\dot{X}_b - \dot{X}_{in} = \dot{m}_{\text{bond}} \left[ c_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m - T_0 \left[ c_{p(\text{Solid})} \ln \left( \frac{T_m}{T_{Pr}} \right) + \frac{L_m}{T_m} \right] \right] \quad (7)$$

و کل انرژی ورودی به شکل زیر تعریف می گردد:

$$\dot{X}_{\text{Total}} = \dot{Q} \quad (8)$$

لذا بازده انرژی به شکل زیر بازنویسی می گردد:

$$\eta_{II} = \frac{\dot{m}_{\text{bond}} \left( c_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m - T_0 \left[ c_{p(\text{Solid})} \ln \left( \frac{T_m}{T_{Pr}} \right) + \frac{L_m}{T_m} \right] \right)}{\dot{Q}_{\text{Conduction}} + \dot{Q}_{\text{Convection}} + \dot{Q}_{\text{Radiation}} + \dot{m}_{\text{Gas,out}} h_{\text{Gas,out}}} \quad (9)$$

و یا می توان نوشت:

$$\eta_{II} = \frac{v \cdot \dot{m}_{\text{bond}} \left( c_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m - T_0 \left[ c_{p(\text{Solid})} \ln \left( \frac{T_m}{T_{Pr}} \right) + \frac{L_m}{T_m} \right] \right)}{UI \cdot d} \quad (10)$$

با تلفیق روابط (4) و (10) رابطه اختلاف بازده انرژی و بازده انرژی به پارامتر تولید انتروپی بی بعد شده، حاصل می گردد:

$$\eta_I - \eta_{II} = \frac{\dot{m}_{\text{bond}} \left( T_0 \left[ c_{p(\text{Solid})} \ln \left( \frac{T_m}{T_{Pr}} \right) + \frac{L_m}{T_m} \right] \right)}{UI} \quad (11)$$

و یا می توان نوشت:

$$\eta_I - \eta_{II} = \frac{v \cdot \dot{m}_{\text{bond}} \left( T_0 \left[ c_{p(\text{Solid})} \ln \left( \frac{T_m}{T_{Pr}} \right) + \frac{L_m}{T_m} \right] \right)}{UI \cdot d} \quad (12)$$

این اختلاف بیانگر تولید انتروپی بی بعد شده در خلال جوشکاری است. مقدار UI در طی فرآیند جوشکاری ثابت می ماند، لذا پارامترهای متغیر موثر در میزان تولید انتروپی، در صورت کسر رابطه (12) جای می گیرد. پارامتر دیگری که باید معرفی و تفسیر شود، نسبت بازده انرژی و بازده انرژی است که از تلفیق روابط (10) و (4) به شکل زیر خواهد بود:

$$\frac{\eta_{II}}{\eta_I} = \frac{c_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m - T_0 \left[ c_{p(\text{Solid})} \ln \left( \frac{T_m}{T_{Pr}} \right) + \frac{L_m}{T_m} \right]}{c_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m} \quad (13)$$

رابطه (13) به شکل زیر ساده می شود:

$$\frac{\eta_{II}}{\eta_I} = 1 - \frac{T_0 \left[ c_{p(\text{Solid})} \ln \left( \frac{T_m}{T_{Pr}} \right) + \frac{L_m}{T_m} \right]}{c_{p(\text{Solid})}(T_m - T_{Pr}) + L_m} \quad (14)$$

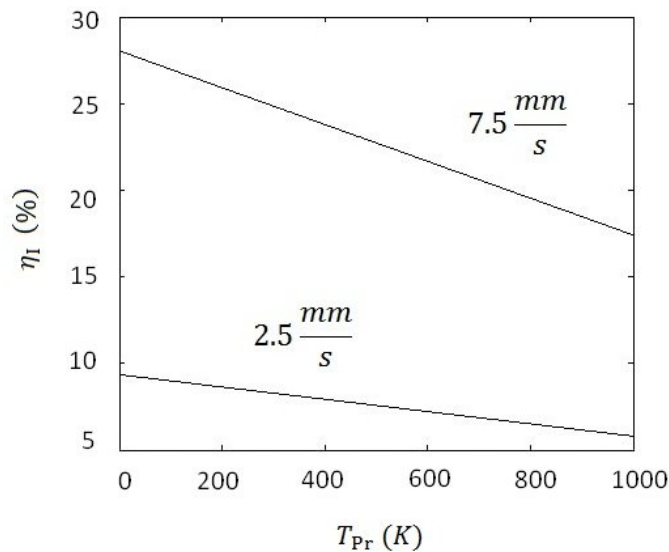
صورت عبارت دوم از سمت راست رابطه (14)، بیانگر تولید انترژی، و مخرج آن به صورت مستقیم با بازده انترژی رابطه دارد. همانطور که مشاهده می شود، هم صورت و هم مخرج عبارت مورد بحث، با دمای اولیه آب ( $T_{p1}$ ) رابطه عکس دارند به عبارت دیگر، نسبت به تغییرات دمای آب، همرفتارند؛ این در حالی است که ما تمایل داریم صورت کسر (که بیانگر تولید انترژی است و رابطه عکس با کیفیت جوش دارد)، کاهش و مخرج کسر (که رابطه مستقیم با بازده انترژی دارد) افزایش یابد، و لکن این حالت، به دلیل همرفتاری صورت و مخرج نسبت به تغییرات دمای اولیه آب، امکان پذیر نیست، حالت بهینه فرآیند هنگامی اتفاق می افتد که صورت کسر مورد بحث، بیشتر از مخرج آن کاهش یابد یعنی شیب نمودار رابطه (14) نسبت به  $T_{p1}$ ، افزایشی باشد. اگر شیب نمودار، کاهشی باشد، به این معناست که درصد کاهش بازده انترژی، بیشتر از درصد افزایش بازده انترژی (یا افزایش کیفیت جوش) است، و این به صرفه نیست. اگر شیب نمودار به صفر نزدیک شود، در این صورت درصد افزایش بازده انترژی و درصد کاهش بازده انترژی به یک میزان است.

#### 4- بررسی نتایج

در عمل انتظار می رود افزایش دمای آب، که در واقع افزایش دمای اولیه لوله، پیش از شروع عملیات جوشکاری می باشد، مساحت منطقه تفتیده (HAZ) را کاهش دهد. این مسئله سبب می گردد که گرادبان های دمایی قطعه کاهش یافته که امری مطلوب در جهت کاهش ترک های سرد در قطعه می باشد [10].

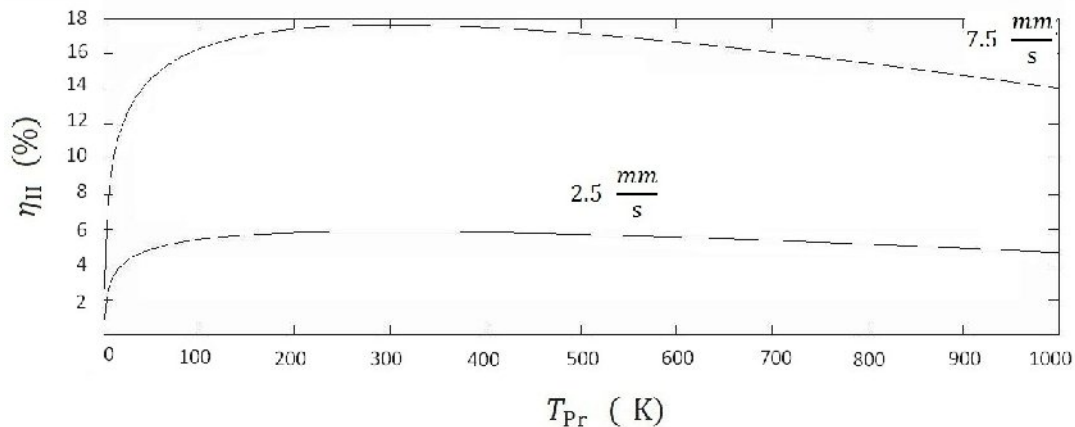
تمامی بررسی ها بر روی فولاد A36، برای جوشکاری با شدت جریان 210 آمپر و ولتاژ 25 صورت گرفته است. برای این فولاد، گرمای نهان ذوب 274000 ژول بر کیلوگرم، دمای ذوب 1482 درجه سانتی گراد، چگالی 7850 کیلوگرم بر متر مکعب و گرمای ویژه متوسط در محدوده دمایی مورد استفاده، برابر 310 ژول بر کیلوگرم درجه کلون می باشد. این نوع فولاد در ساخت برخی از انواع لوله ها مورد استفاده قرار می گیرد.

در شکل 2، بازده انترژی برای جوشکاری لوله ها در زیر آب، با سرعت 2/5 و 7/5 میلی متر بر ثانیه، در دماهای اولیه مختلفی از آب نشان داده شده است (توجه گردد که بازه دمایی نشان داده شده، در عمل مورد استفاده نیست، اما به دلیل لزوم مطالعه تغییرات، بازه دمایی مورد بررسی، توسعه یافته است. می توان گفت در عمل، بازه دمایی در حدود 270 تا 320 کلون خواهد بود). کاهش بازده انترژی با افزایش دمای آب، نشان دهنده تاثیر نامناسب افزایش دمای آب بر بازدهی انترژی است. از مقایسه تغییرات بازده انترژی در دو سرعت، می توان فهمید که افزایش سرعت در یک دمای مشخص از آب، بازده انترژی فرآیند را افزایش می دهد.



شکل 2- تغییرات مقدار بازده انرژی با دمای آب، در سرعت های جوشکاری 2/5 و 7/5 میلی متر بر ثانیه

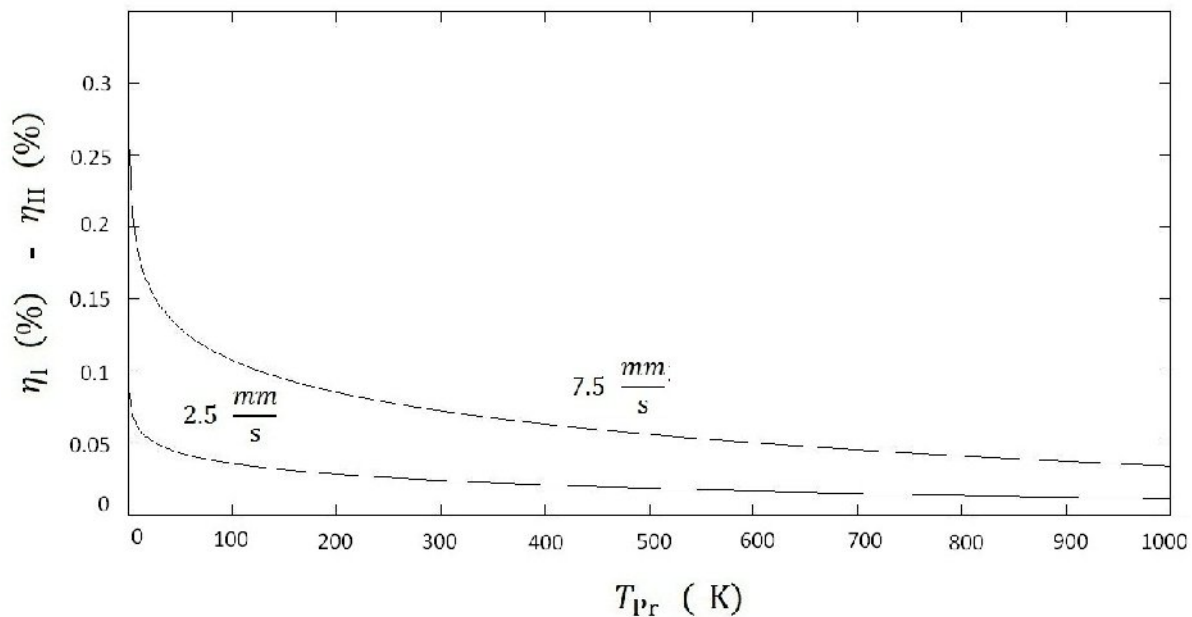
در شکل 3، تغییرات مقدار بازده انرژی فرآیند جوشکاری، در سرعت های 2/5 و 7/5 میلی متر بر ثانیه، با دمای آب نشان داده شده است. نمودار نشان می دهد مقدار این بازده با افزایش دما، افزایش می یابد. شیب افزایشی نمودار در دماهای پایین تر بیشتر است و در حدود دمای 300 کلوین شیب نمودار به صفر نزدیک می شود و از آن به بعد، شیب نمودار نزولی است، یعنی بازده انرژی کاهش می یابد. از طرفی با مقایسه شکل 2 و 3 می توان مشاهده نمود که بازده انرژی در هر سرعت، از بازده انرژی در همان سرعت، در یک دمای مشخص، بیشتر است. این اختلاف ناشی از تولید انرژی در خلال فرآیند جوشکاری می باشد.



شکل 3- تغییرات مقدار بازده انرژی با دمای آب، در سرعت های جوشکاری 2/5 و 7/5 میلی متر بر ثانیه

شکل 4، تغییرات اختلاف دو بازده انرژی و انرژی (یا تولید انرژی بی بعد شده) را در دو سرعت 2/5 و 7/5 میلی متر بر ثانیه با دمای آب، نشان می دهد. این اختلاف که ناشی از بازگشت ناپذیری های ایجاد شده در خلال جوشکاری می باشد، در واقع نمایشی از میزان تنش های پسماند ناشی از جوشکاری است. نتایج نشان می دهد با افزایش دمای آب، تنش های پسماند ایجاد شده در قطعه کاهش می یابد. ضمناً این شکل نشان می دهد که با افزایش دمای آب، شیب کاهش انرژی بی بعد شده کاسته

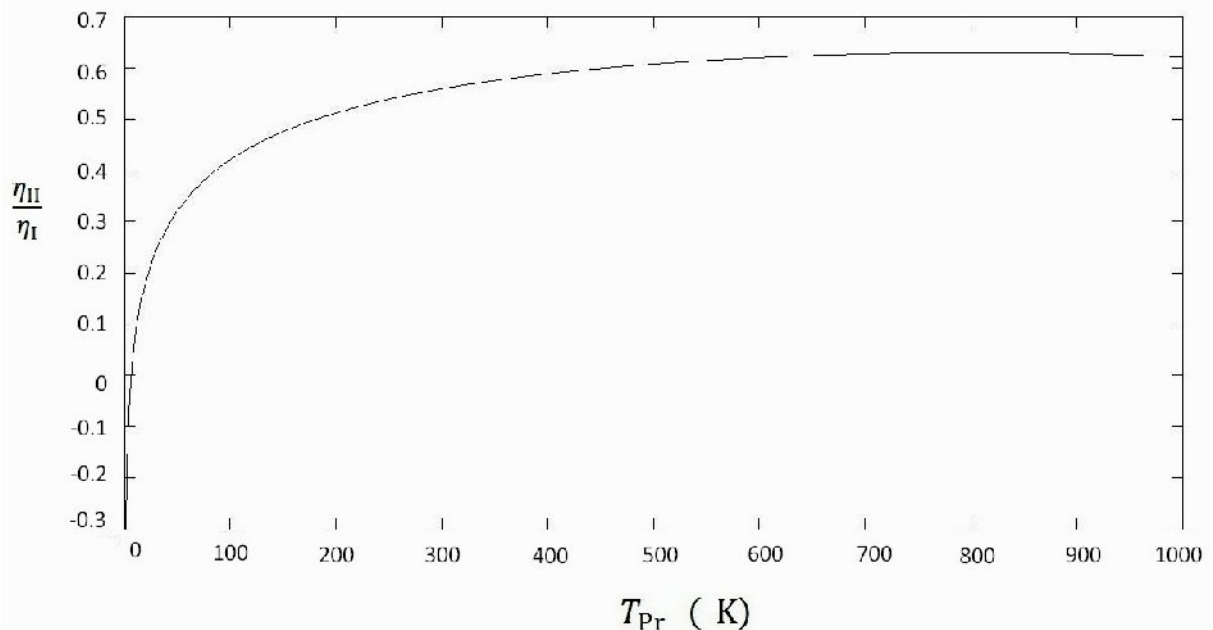
می گردد به عبارت دیگر در دماهای بیشتر، تاثیر دمای آب بر کاهش تنش های پسماند کاسته می گردد. می توان گفت در حدود دمای 300 تا 400 کلوین، شیب نمودار به صفر نزدیک می شود.



شکل 4- تغییرات مقدار انتروپی بی بعد شده، با دمای آب، در سرعت های جوشکاری 2/5 و 7/5 میلی متر بر ثانیه

شکل 5، تغییرات نسبت بازده اگزرژی به بازده انرژی را به نمایش می گذارد. همانطور که پیشتر در مورد معنای فیزیکی این پارامتر اشاره شد، در مناطقی که شیب افزایشی نمودار تندتر است، کاهش تولید انتروپی (افزایش کیفیت جوش) از کاهش بازده انرژی بیشتر است. و لذا در آن محدوده افزایش دمای آب، می تواند مقرون به صرفه باشد. مطابق شکل 5، این محدوده را می توان از 0 تا حدود 300 کلوین در نظر گرفت. سپس شیب نمودار تا حدود 900 کلوین به صفر نزدیک است که نشان از نسبت یکسان کاهش در تولید انتروپی و بازده انرژی دارد. در این محدوده دمایی آب، هرچند کیفیت جوش با افزایش دمای آب بالا می رود اما بازده انرژی نیز به همان نسبت کاهش می یابد. و برای دماهای آب بیش از 900 کلوین، نمودار شیب نزولی پیدا می کند؛ به این معنا که کیفیت جوش بالا رفته (تنش های پسماند کاهش می یابد) و لکن بازده انرژی به صورت مضاعف کم می شود و این حالت مطلوب نمی باشد. نکته قابل توجه این است که نسبت دو بازده، به سرعت فرآیند جوشکاری وابسته نیست، لذا صرفه اقتصادی افزایش دمای آب، به سرعت پروسه جوشکاری نمی تواند وابسته باشد.





شکل 5- تغییرات نسبت بازده اگزرژی به بازده انرژی، با دمای آب، در سرعت های جوشکاری 2/5 و 7/5 میلی متر بر ثانیه

نتایج حاصله بیانگر این مطلب است که افزایش دمای آب تا حدود 300 کلوین می تواند مقداری بهینه باشد چرا که افزایش دمای آب بازده انرژی را کاهش داده و از طرفی افزایش بازده اگزرژی در حوالی این دما به روندی خطی، با شیب صفر نزدیک می گردد؛ لذا افزایش بیشتر دما از نظر انرژی به صرفه نخواهد بود هرچند که تنش های پسماند را کاهش می دهد. نتایج حاصله به طور قابل قبولی با نتایج ارائه شده توسط مسلم [10] مطابقت دارد. از اینرو می توان از گرمایش موضعی قطعات در حوالی نقطه اتصال (منطقه جوش) تا حدود 300 کلوین بهره برد. البته در حالت هایی که کیفیت جوش اهمیت بسیاری دارد، می توان دمای موضعی را به بیش از 300 کلوین نیز رساند لذا میزان صرفه اقتصادی گرمایش موضعی، بسته به نوع کاربرد لوله ها، متغیر می باشد. نهایتاً نگارندگان بر این باورند که استفاده از اختلاف دو بازده انرژی و اگزرژی (یا تولید انرژی بی بعد شده) در کنار نسبت این دو بازده، به منظور بررسی چگونگی تغییرات تنش های پسماند ناشی از جوشکاری زیر آب (و حتی انواع دیگری از متدهای جوشکاری)، به دلیل دقت قابل توجه نتایج و سهولت استفاده، می تواند جایگزین روش های معمول گردد.

## 5- نتیجه گیری و جمع بندی

نتایج بدست آمده بیانگر آن است که افزایش دمای آب، موجب کاهش بازده انرژی و افزایش بازده اگزرژی می گردد. شیب افزایشی بازده اگزرژی در حدود دمای 300 کلوین به صفر نزدیک می شود. افزایش سرعت جوشکاری، هر دو بازده را افزایش می دهد. اختلاف این دو بازده که بیانگر بازگشت ناپذیری فرآیند جوشکاری یا تنش های پسماند است با افزایش دما کاهش می یابد. به عبارتی تنش های پسماند ناشی از جوشکاری با افزایش دمای آب، کاهش خواهد داشت. اما با افزایش سرعت، این تنش ها (و یا اختلاف دو بازده) افزایش می یابد. به دلیل شیب حدود صفر بازده اگزرژی در حوالی دمای 300 کلوین و کاهش تدریجی بازده انرژی با افزایش دما، می توان گفت میزان بهینه برای دمای آب حدود 300 کلوین می باشد. ضمناً نسبت بازده اگزرژی به بازده انرژی، که بیانگر نسبت کاهش تولید انرژی به کاهش بازده انرژی است، تا حدود دمای 300 کلوین شیب مثبت دارد که نشان از بیشتر بودن کاهش تولید انرژی (تنش پسماند جوش) نسبت به کاهش بازده انرژی است. لذا تا حدود



این دما افزایش دمای آب، می تواند به صرفه باشد و برای دماهای بیشتر از آن، میزان صرفه اقتصادی افزایش دما، به نوع کاربرد لوله های مورد استفاده وابسته است. صرفه اقتصادی افزایش دمای آب، به سرعت پروسه جوشکاری وابسته نیست. نهایتاً می توان از گرمایش موضعی در جهت کاهش تنش های پسماند ناشی از جوشکاری زیر آب بهره برد. ضمناً انطباق نتایج حاصله با نتایج ارائه شده توسط مسلم [10] و سهولت استفاده از متد ارائه شده، نشان می دهد که اختلاف دو بازده انرژی و انرژی و یا تولید انرژی بی بعد شده می تواند معیاری مناسب از تنش های پسماند ناشی از جوشکاری باشد.

## مراجع

- [1] Lemir, J., (2012) "The underwater welder", Top shelf productions, Florida, US.
- [2] Hu, L.H., Huang, J., Li, Z.G., Wu, Y.X., (2011) "Effects of preheating temperature on cold cracks, microstructures and properties of high power laser hybrid welded 10Ni3CrMoV steel", Materials and Design, No.32, pp.1931-1939
- [3] Sahin, A.Z., Ayar, T., Yilbas, B.S., (2010) "Laser welding: the first and second law analysis", International Journal of Exergy, Vol.7, No.5, pp.535-546
- [4] T. Hoffmann, T., Baldea, G., Riedel, U., (2009) "Thermodynamics and transport properties of metal/inert-gas mixtures used for arc welding" Proceedings of the Combustion Institute No.32, pp.3207-3214
- [5] Saleem, M., Anwar Hossain, Md., Mahmud, Sh., Pop, I., (2011), "Entropy generation in Marangoni convection flow of heated fluid in an open ended cavity", International Journal of Heat and Mass Transfer, No.54, pp.4473-4484
- [6] Sluzalec, A., (2005) "Theory of thermomechanical processes in welding", Springer, Netherlands.
- [7] Al-Qahtani, H., Yilbas, B.S., (2008) "Entropy generation rate during laser pulse heating: Effect of laser pulse parameters on entropy generation rate", Optics and Lasers in Engineering No.46, pp. 27-33.
- [8] Fallahi, A., Jafarpur, K., Nami, M.R., (2011) "Analysis of welding conditions based on induced thermal irreversibilities in welded structures: Cases of welding sequences and preheating treatment", Scientia Iranica, Vol.18, pp.398-406
- [9] Dong, W., Lu, S., Li, D., Li, Y. (2011), "GTAW liquid pool convections and the weld shape variations under helium gas shielding", International Journal of Heat and Mass Transfer, No.54, pp.1420-1431.
- [10] Moslem, M., (2006) "Thermal and mechanical Welding analysis and decreasing methods of welding residual stress". MS Thesis, Dept. Structural Eng., Ferdowsi University, Mashhad Iran.