



شبیه سازی تکنیکهای کاهنده پیچیدگی ناشی از جوشکاری ورقه های فولادی

عباس صیقلی^۱ - دکتر فرشید مالک^۲ - دکتر فریدرضا بیگلری^۳

آدرس : تهران - میدان نوبنیاد-شهرک شهیدچمران-بلوک ۶-طبقه ۲-واحد ۵-تلفن: ۲۵۸۳۵۳۱

Email: abbas_seighali@yahoo.com

چکیده

جوشکاری یکی از روشهای اصلی اتصال است که در کشتی سازی استفاده می شود. تنش های حرارتی پیچیده ای در طی انجام پروسه جوشکاری، به علت اعمال حرارت متمرکز، در قطعات تولید میگردند که پس از انجام عملیات جوشکاری، تنش های پس ماند و پیچیدگی در سیستم باقی می ماند. در این مقاله، ابتدا روش جوشکاری زیر پودری تک پاسی با دو الکتروود روی ورقه های فولادی معمولی شبیه سازی شده و سپس اثر سرعت جوشکاری، ترتیب جوشکاری و قید و بند برای کاهش پیچیدگی ناشی از جوشکاری شبیه سازی گردیده است. تحقیقات بر روی پیچیدگی و تنش های گذرا و باقیمانده ناشی از جوشکاری در سازه عرشه کشتی با دیواره نازک متمرکز شده است. تحقیقات بر آنالیز المان محدود متکی می باشد.

کلمات کلیدی: جوشکاری، شبیه سازی، تغییر شکل و پیچیدگی.

مقدمه:

جوشکاری در هر کارخانه کشتی سازی، یک فاکتور مهم بوده و بطور مستقیم بر هزینه و کیفیت محصول تأثیر دارد. اگرچه مصرف الکترودها برای جوشکاری زیرپودری در جهان از ۱۰٪ در سال ۱۹۷۵ به حدود ۷٪ در ۱۹۹۶ کاهش پیدا کرده است، اما این روش هنوز سهم مهمی در کشتی سازی ایفاء می نماید. از مهمترین مزایای روش جوشکاری زیرپودری یک طرفه در مرحله مونتاژ، آسانی روند سیستم خط نصب می باشد. بعلاوه حذف روشهای برگردان ورق، سیستم مونتاژ می تواند در خط تولید قرار گیرد. این عمل، اثر خیلی زیادی در کارایی کل محصول داشته و به کنترل سیستماتیک روش تولید کمک می نماید.

۱- کارشناس ارشد مهندسی مواد، دانشگاه تربیت مدرس

۲- استادیار بخش مهندسی مواد، دانشگاه تربیت مدرس

۳- استادیار بخش مهندسی مکانیک، دانشگاه صنعتی امیرکبیر.



روش تحقیق :

در این مقاله ، پس از شبیه سازی مدل سه بعدی جوشکاری در صفحه XYZ ، اثر سرعت جوشکاری ، قیدوبند و ترتیب خاصی از جوشکاری برای کاهش مقدار پیچیدگی وتنش، شبیه سازی می شود. در نمونه جوشکاری لب به لب مورد تحقیق در این مقاله ، صفحه عبوری از خط مرکزی جوش در جهت عمود بر سطح ورق ، متقارن فرض شده است. این واقعیت این اجازه را می دهد که فقط نیمی از ساختار واقعی را با اعمال شرایط مرزی در نظر بگیریم. در نمونه آنالیز انتقال حرارت ، محل تماس سطح با صفحه متقارن، غیر قابل نفوذ به گرما فرض شده است. گرمای ورودی در روش اتصال نیز نصف در نظر گرفته شده است. جدول ۱، پارامترهای اصلی برای شبیه سازی جوشکاری زیرپودری ورق فولادی معمولی بدنه کشتی را نشان می دهد.

شبکه بندی مدل المان محدود سه بعدی و شرایط مرزی و اولیه بکار رفته : ابعاد مدل در صفحه XYZ ، $500 \times 250 \times 8 \text{ mm}$ می باشد. کوچکترین المانها ، نزدیک جوش قرار گرفته و ابعادشان $10 \times 1 \times 4 \text{ mm}$ می باشد. فقط در ناحیه با گرادیان دمایی بالا، نیاز داریم که اندازه المانها را کوچک حفظ کنیم . باین روش ، پهنای المانها با دور شدن از خط المکزین جوش ، افزایش می یابد. در سطوح المانها در امتداد سطوح آزاد ، تبادل حرارتی همرفتی با اطراف بکار برده شده است . در وضعیت سطوح هوا-فلز ضریب انتقال حرارت همرفتی $\alpha_c = 30. \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ می باشد. هر منبع حرارتی به مقدار یک المان از دوالمان موجود در جهت ضخامت ، توزیع شده است . شکل ۱، شماتیکی از نوع شبکه بندی و شرایط مرزی بکار رفته در مدل شار حرارتی سه بعدی را نشان می دهند. در مدل سه بعدی جامد ، المانهای DC3D8 (در مشخصات ABAQUS) استفاده شده است.

شکل کلی ورق تغییرشکل یافته توسط جوشکاری

در سطح مقطع شروع جوشکاری ، بعد از اینکه منبع حرارتی از این قسمت از ورق عبور نمود، تغییر فرم کمانشی بصورت عمودی افزایش می یابد. تشکیل تدریجی تغییر فرم خارج از صفحه از تشکیل تدریجی تغییر شکل طولی باقیمانده بیشتر می باشد . این موضوع بعلاوه این که تعادل دمایی در جهت ضخامت خیلی سریعتر از جهت عرضی ورق می باشد، رخ می دهد. مقدار تغییر فرم کمانشی می تواند شکل کلی سازه را تغییر دهد. بعبارت دیگر، تغییر فرم خارج از صفحه از کشیدگی طولی مؤثر بر شکل کلی ورق پیروی می کند . در شکل ۲، تغییر شکل باقیمانده خارج از صفحه در ورق جوش داده شده با روش جوشکاری تک پاسی دو الکترودی نشان داده شده است .

تکنیکهای کاهنده پیچیدگی ناشی از جوشکاری



تنش های باقیمانده جوشکاری و پیچیدگی ها رفتارهای متفاوتی در روشهای مختلف نشان می دهند . برای مثال، اگر بخشی از سازه بسختی در طول جوشکاری مهار شده باشد، پیچیدگی کلی سازه کم می باشد. اما ، تنشهای باقیمانده در وضعیت قطعات بدون قید و بند جوش داده شده ، بیشتر خواهد بود. بالطبع ، ما بین روشهایی که تنشهای باقیمانده را کم نگه داشته و آنهایی که پیچیدگی را کاهش داده، وجه تمایز قائل می شویم. تکنیک های کاهنده پیچیدگی به سه دسته زیر تقسیم می شوند :

- ۱- اصلاح روشهای جاری ساخت ؛ ۲- اصلاح طراحی پانل ؛ ۳- اجرای روشهای جدید ساخت .

-اصلاح روشهای جاری ساخت

پیچیدگی در بعضی پانلها می تواند بدون تغییر طراحی قطعه یا اساساً تغییر روشهای ساخت کنترل شود. در زیر چند تکنیک برای بهبود روشهای جاری ساخت که پیچیدگی کمانشی را کاهش خواهند داد، بیان می شود:

۱-**سرعت جوشکاری بالا:** یک قطعه با اندازه جوش معین ایجادشده در سرعت بالا نسبت به همان مقدار جوش ایجادی ولی در سرعت کم، تمایل کمتری به پیچیدگی نشان می دهد ، بعلت اینکه بطور کلی گرمای ورودی در سرعت های بالا کمتر می باشد. لذا پیچیدگی ناشی از جوشکاری دستگاه Hybrid نسبت به دستگاههای Laser و MIG و SAW کمتر می باشد. اشکال ۳ و ۴ ، مدل ۳D جوشکاری را با استفاده از سرعت جوشکاری $v=20\text{ mm/s}$ و $v=5\text{ mm/s}$ نشان می دهند.

۲-**مهار لبه :** در طول ساخت پانل ، کمانش زیادی ایجاد می شود. محکم بستن لبه های آزاد طولی ، مشکل کمانش را حذف نموده و به جفت شدن بهتر ورقها کمک می کند. قیدوبندهای استفاده شده در لبه ها تا زمانی که پانل به سازه بزرگتر جوش داده خواهد شود، باید باقی بمانند. برداشتن قیدوبندها قبل از جوشکاری منجر به کمانش لبه ها خواهد شد. شکل ۵، مدل سه بعدی جوشکاری را با استفاده از قراردادن قیدوبند مناسب در عرض ورق به فاصله 50 mm از خط مرکزین جوشکاری و به پهنای 120 mm نشان می دهد.

استفاده از قیدوبند در طول جوشکاری می تواند اساساً پیچیدگی کمانشی را کاهش دهد. متأسفانه ، بعلت اینکه نیاز به نگهداری اجزاء محکم بسته شده برای یک دوره طولانی از زمان می باشد، سیکل زمانی طولانی ایجاد می کند. قیدوبند مقدار زیادی از تنش در قطعات تولید کرده که می تواند خطرات بیشتری از قبیل ترک دار شدن فلز جوش و منطقه HAZ بالاخص در قطعات حساس به ترک ایجاد نماید .

۳-**بهینه سازی ترتیب جوشکاری .** تعدادی طرح های ترتیب جوشکاری در دسترس کشتی ساز شامل یک گام به عقب ، وغیره وجود دارند. شکل ۶ ، مدل سه بعدی جوشکاری با ترتیب جوشکاری از نوع یک گام به عقب را که طول هر گام 100 mm می باشد، نشان می دهد.

بحث و بررسی



در این روش جوشکاری، فاصله الکترودها از همدیگر 100 mm ، سرعت جوشکاری 10 mm/s ، تعداد الکترودها دو عدد و در یک پاس جوشکاری انجام می شود و اندازه طولی هر یک از المانها برابر 10 mm می باشد و زمان کل جوشکاری 60 ثانیه می باشد (طول ورق 500 mm هست). سرعت جوشکاری را با ثابت بودن بقیه پارامترهای دستگاه، کم یا زیاد نمودیم که البته بدلیل اینکه مسئله کم یا زیاده از حد پرشدن درزجوش را ما در نظر نگرفته بودیم، دقت نتایج بدست آمده از اعتبار کافی برخوردار نیستند. از قید و بند با توجه به ابعاد آن نیز مورد استفاده قرار گرفت و پیچیدگی نهایی تا حدود زیادی کاهش یافت و بالاخره ترتیب جوشکاری از نوع یک گام به عقب با طول هر گام 100 mm ، پیچیدگی نهایی را به مقدار زیادی کاهش می دهد. البته با توجه به اینکه دستگاه جوشکاری خودکار بوده و در یک پاس جوشکاری انجام می شود برای تغییر مسیر جوشکاری باید در ابزار کنترل دستگاه (PLC) برنامه ریزی خاصی طرح ریزی نمود.

نتیجه گیری

در این مقاله، روشهای آنالیز تنش-حرارتی کوپل شده متناوب برای فرآیند جوشکاری زیر پودری توضیح داده شده است. همچنین اثر سرعت جوشکاری، ترتیب جوشکاری و قید و بند برای کاهش پیچیدگی ناشی از جوشکاری شبیه سازی گردیده است بر پایه مطالب این مقاله، نتایج زیر را می توان بدست آورد:

۱- در ابتدای جوشکاری فقط موقعی که ورق ها در بالا و پائین بخوبی گرم شده باشند، تغییر فرم کمانشی بطور چشمگیری افزایش می یابد. بعبارت دیگر، بمنظور توسعه تشکیل تغییر فرم کمانشی، یک ناحیه نرم شده فلز بایستی در امتداد خط مرکزی سطح مقطع وجود داشته باشد.

۲- با افزایش سرعت جوشکاری، تغییر فرم کمانشی کاهش خواهد یافت (سرعت جوشکاری را با ثابت بودن بقیه پارامترهای دستگاه، کم یا زیاد نمودیم که البته بدلیل اینکه مسئله کم یا زیاده از حد پرشدن درزجوش را ما در نظر نگرفته بودیم، دقت نتایج بدست آمده از اعتبار کافی برخوردار نیستند).

۳- استفاده از قید و بند با توجه به ابعاد آن برای کاهش پیچیدگی مورد استفاده قرار گرفت و پیچیدگی نهایی را تا حدود 50% ، کاهش داد.

۴- ترتیب جوشکاری از نوع یک گام به عقب با طول هر گام 100 mm ، پیچیدگی نهایی را تا حدودی 50% ، کاهش می دهد. البته با توجه به اینکه دستگاه جوشکاری خودکار بوده و در یک پاس جوشکاری انجام می شود برای تغییر مسیر جوشکاری باید در ابزار کنترل دستگاه (PLC) برنامه ریزی خاصی طرح ریزی نمود.

مراجع:



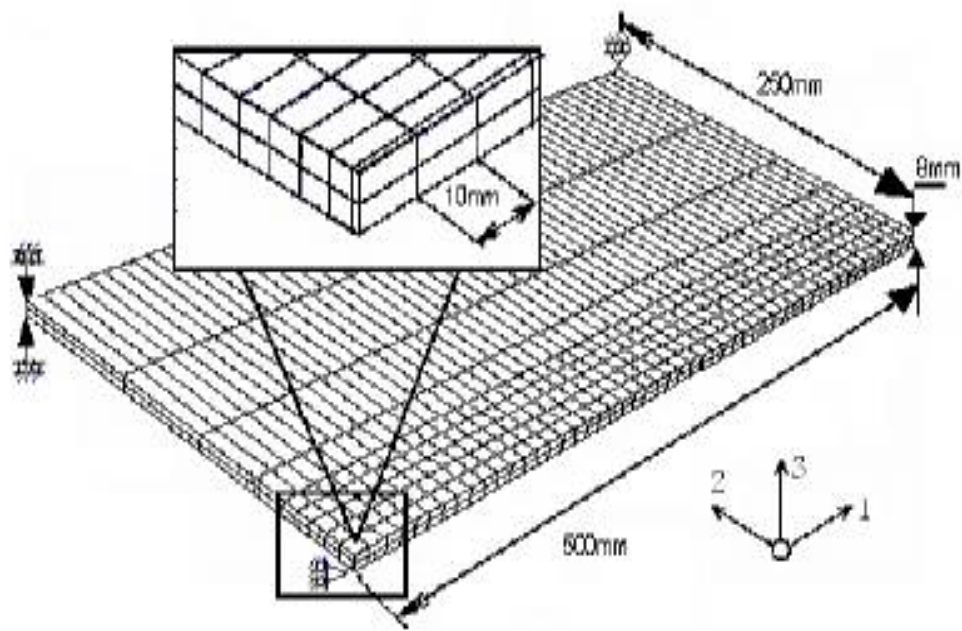
۱- M.V.Deo , P.Michaleris , "Mitigation of Welding induced Buckling Distortion Using Transient Thermal Tensioning " , To appear: Science and Technology of Welding and Joining , ۲۰۰۲.

۲- Panagiotis Michaleris , Xim Sun , "FINITE ELEMENT ANALYSIS OF THERMAL TENSIONING TECHNIQUES MITIGATING WELD BUCKLING DISTORTION " .

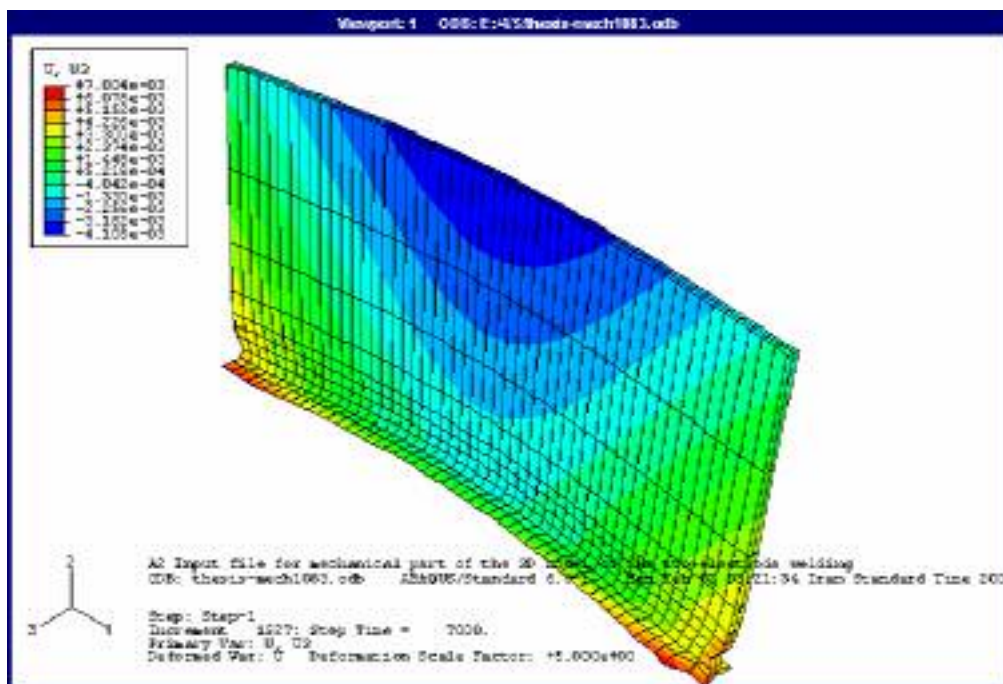
۳- عباس صیقلی ، پایان نامه کارشناسی ارشد ، دانشگاه تربیت مدرس ، ۱۳۸۳ .

جدول ۱- پارامترهای اصلی برای شبیه سازی جوشکاری زیرپودری ورق فولادی معمولی بدنه کشتی [۳].

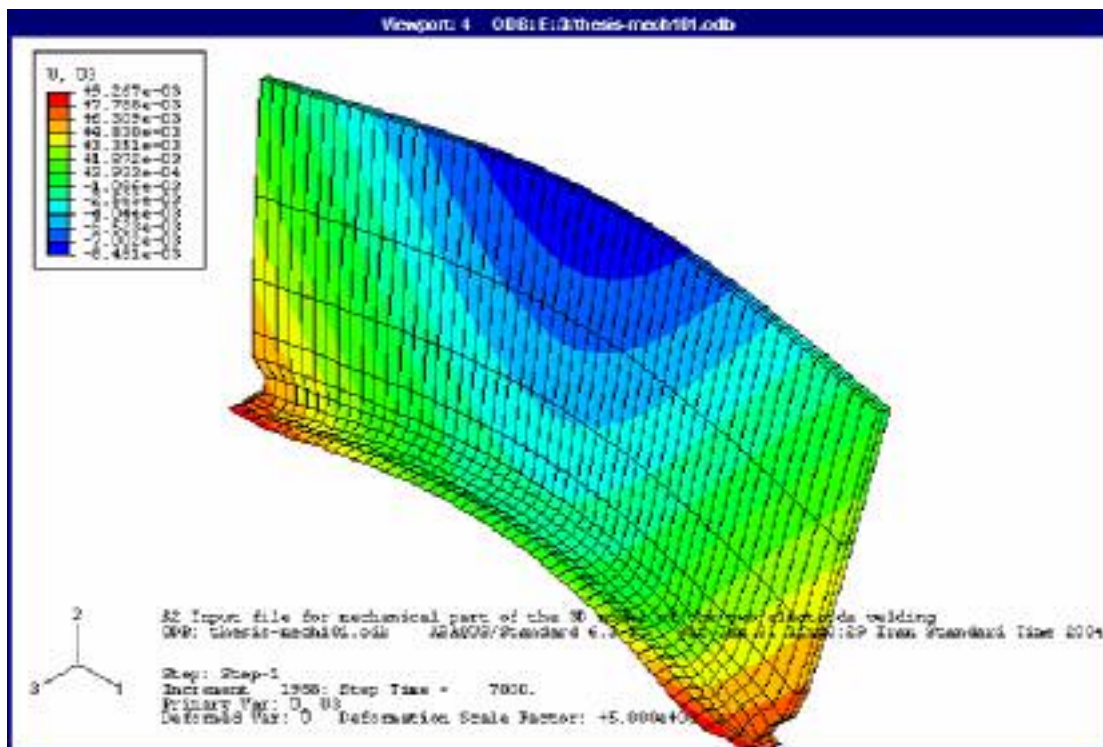
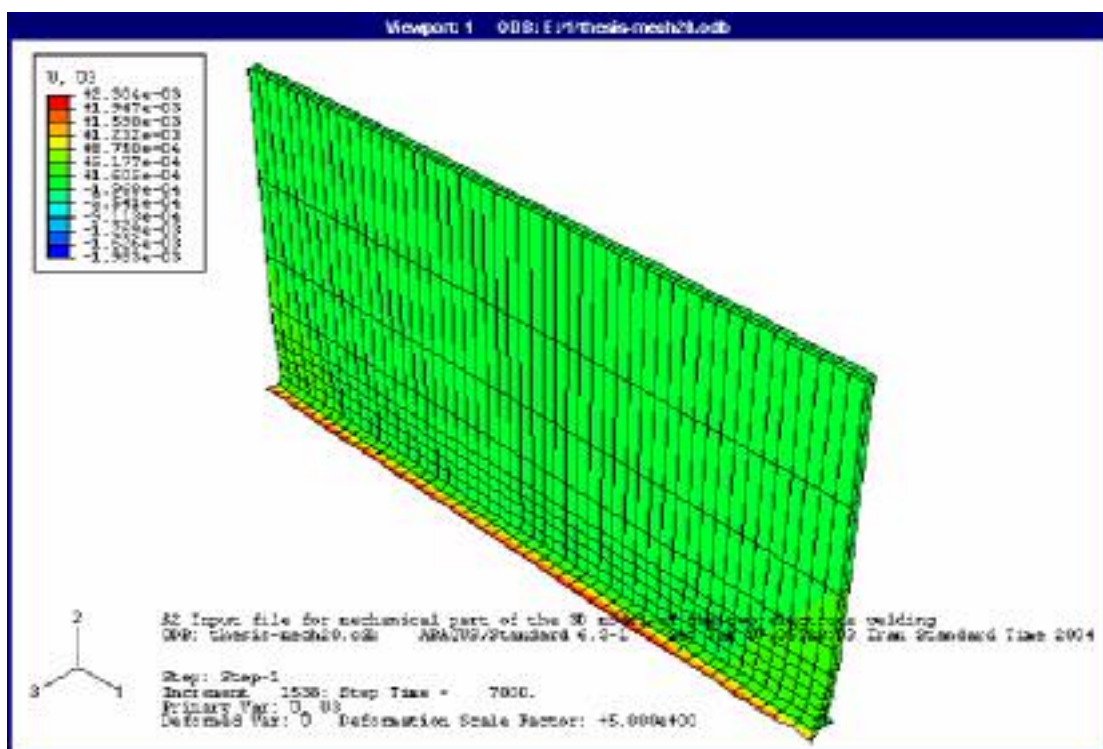
Plate thickness	h	8mm
Process		2 -electrodes SAW
Welding speed	v	10mm/s
Gap between plates		2mm
Current, leading electrode (DC+)	I_1	$I_1= 900A$
Current, 2 nd electrode (AC)	I_2	$I_2= 600A$
Voltage, leading electrode	U_1	$U_1= 35V$
Voltage, 2 nd electrode	U_2	$U_2= 40V$
Electrodes diameter	d_{el}	4mm
Distance between leading and 2 nd electrode	l_1	100mm



شکل ۱- شماتیکی از شرایط مرزی بکاررفته و مش بندی آنالیز المان محدود برای شبه سازی جوشکاری سه بعدی [۳].

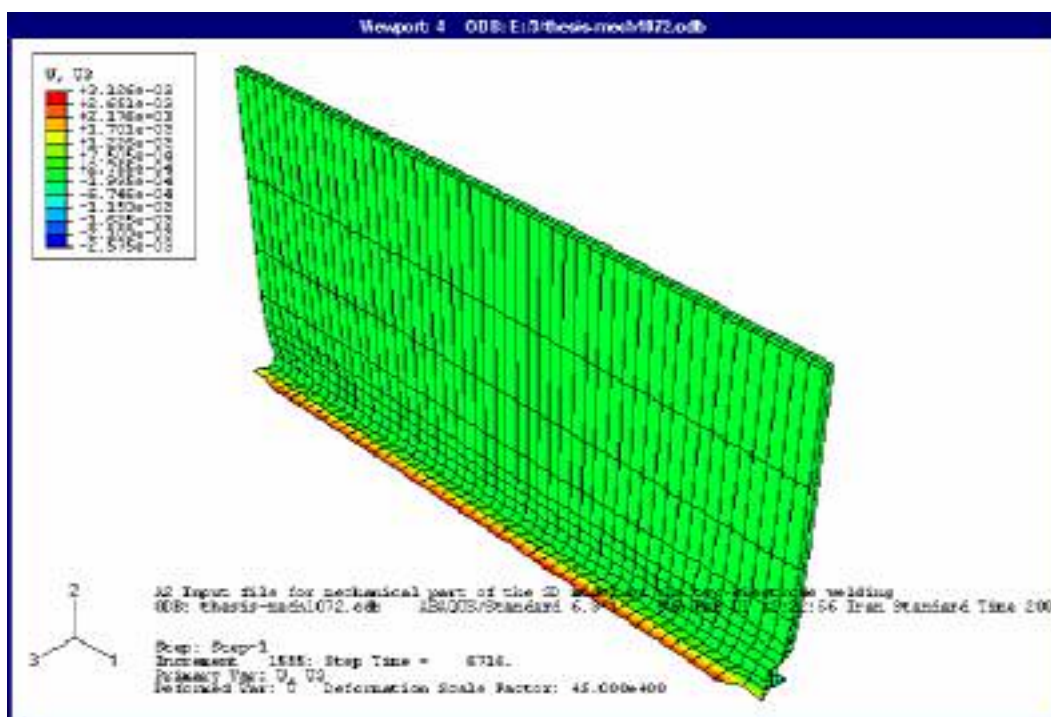


شکل ۲- توزیع تغییر شکل خارج از صفحه پس از گذشت ۷۰۰۰ ثانیه از شروع جوشکاری [۳].

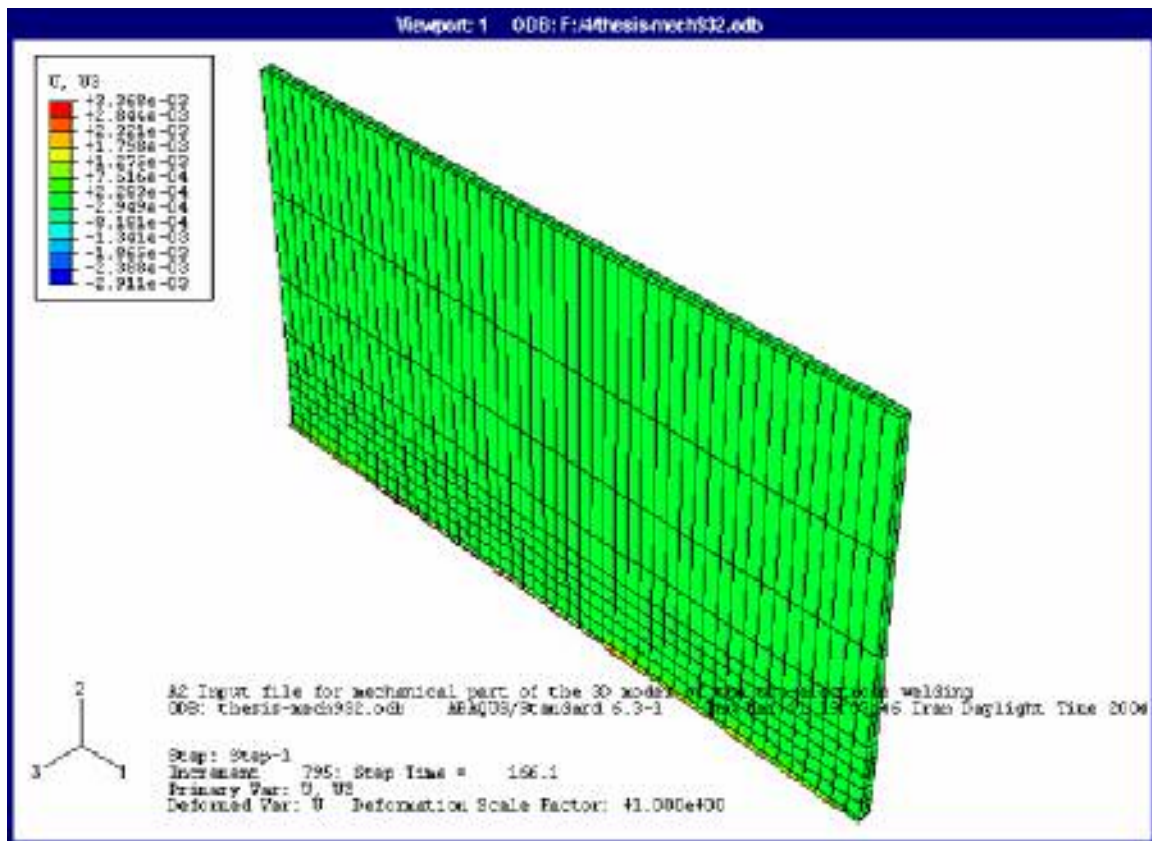


شکل ۳- مدل ۳D جوشکاری با استفاده از سرعت جوشکاری $v=20\text{mm/s}$ [۳].

شکل ۴- مدل ۳D جوشکاری با استفاده از سرعت جوشکاری $v = 5\text{mm/s}$ [۳].



شکل ۵- تغییر شکل در جهت ضخامت ورق جوشکاری شده با استفاده از قیدوبند مناسب در بالای ورق به فاصله ۵۰ mm از خط المکزین جوشکاری و به پهنای ۱۲۰ mm [۳].



شکل ۶- تغییر شکل در جهت ضخامت ورق جوشکاری شده با ترتیب جوشکاری از نوع یک گام به عقب (طول هر گام ۱۰۰mm) [۳].