

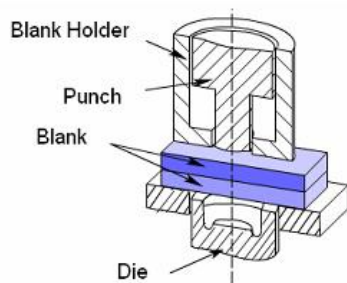
ISME2015-10110711188

بررسی تجربی و عددی اتصالات کلینچ در ورق‌های فولادی با پوشش محافظ در برابر خوردگی

سعید صابری^{۱*}، محسن حسنی^۲

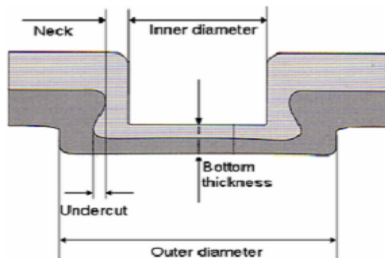
^{۱*}استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، saeid_saberi@yahoo.com
^۲مربی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد نجف آباد، m.hasanee@smc.iaun.ac.ir

نیروی سنبه مورد نیاز به پارامترهایی از قبیل ضخامت، استحکام مواد، ابعاد ابزار و ضریب اصطکاک وابسته است و معمولاً بین ۱۰ تا ۱۰۰ کیلو نیوتن تغییر می‌کند.



شکل ۱: شماتیک فرآیند کلینچ TOX [۵]

مهمترین پارامترهایی که یک اتصال کلینچ را توصیف می‌کنند در شکل (۲) نشان داده شده‌اند.



شکل ۲: پارامترهای اتصال کلینچ

در این تحقیق فرآیند کلینچ TOX بطور تجربی و عددی مورد بررسی قرار گرفته است بنحوی که سنبه و قالب دارای مقطع دایروی با قطرهای بترتیب ۵/۸ و ۸ میلی‌متر می‌باشند.

آزمایش‌های تجربی

ماده مورد استفاده در این تحقیق فولاد سرد-نورد شده H180Y است. ورق‌های فولادی بر اساس شرایط سطحی آنها بصورت زیر دسته بندی شده‌اند:

B01: ورق بدون پوشش

B02: ورق الکتروگالوانیزه با ضخامت ۵ میکرومتر

B06: ورق الکتروگالوانیزه با پوشش محافظ در برابر خوردگی

خواص فولاد H180Y پس از انجام آزمایش کشش اندازه گیری شده و در جدول (۱) ارائه شده است.

چکیده

این مقاله به بررسی تجربی و عددی فرآیند کلینچ و استحکام مکانیکی اتصالات کلینچ در شرایط سطحی مختلف (بدون پوشش، پوشش الکتروگالوانیزه، پوشش محافظ در برابر خوردگی) می‌پردازد. پوشش بررسی شده، لایه محافظ در برابر خوردگی با ذرات روی است که امروزه در صنایع اتومبیل‌سازی استفاده می‌شود. نتایج تجربی عدم وجود اثر وابسته پوشش محافظ در برابر خوردگی بر روی نمودارهای نیروی سنبه - جابجایی را نشان می‌دهد. استحکام مکانیکی اتصالات کلینچ نیز از طریق آزمایش‌های کشش و برش بررسی شده‌اند. نمودارهای نیروی شکست - جابجایی اتصالات کلینچ نیز رسم شده‌اند و بیانگر این موضوع هستند که نیروی شکست برای سطوح پوشش‌دهی شده با لایه محافظ در برابر خوردگی اندکی بالاتر از سطوح پوشش‌دهی نشده الکتروگالوانیزه است. تحلیل اجزا محدود فرآیند با استفاده از نرم‌افزار تجاری آباکوس به منظور مدلسازی اتصال کلینچ و اعمال بارگذاری از طریق تنش‌های پسماند استفاده شده است.

واژه‌های کلیدی

فرآیند کلینچ TOX، پوشش محافظ در برابر خوردگی، آندرکات، شبیه‌سازی عددی.

مقدمه

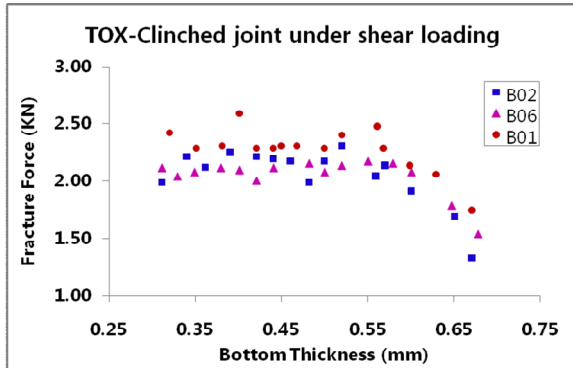
کلینچ یک روش اتصال است که در آن قسمتی از ورق فلزی بطور محلی دچار تغییر شکل شده در حالیکه از هیچ المان دیگری استفاده نشده است [۱]. اولین پژوهش و اختراع در زمینه کلینچ به کشور آلمان در سال ۱۸۹۷ باز می‌گردد [۲]. این فرآیند در مقایسه با سایر فرآیندهای اتصال، یک روش آسان و سریع جهت اتوماتیک شدن است لذا بطور ویژه زمانیکه بهره‌وری بالا مدنظر باشد از این روش استفاده می‌شود [۳]. فرآیند کلینچ ترکیبی از کشش و شکل‌دهی است که لایه‌های ورق‌های فلزی درون یکدیگر قفل می‌شوند [۴]. ساختار فرآیند شامل دو لایه ورق فلزی، سنبه، قالب و ورقگیر می‌باشد. شماتیک فرآیند کلینچ TOX در شکل (۱) نشان داده شده است.

ورق‌های فلزی دچار تغییر شکل پلاستیک می‌شوند و شکل ابزار از لحاظ تئوری در طی فرآیند کلینچ بدون تغییر باقی می‌ماند. سنبه متحرک است در حالیکه قالب و ورقگیر در طی فرآیند ثابت هستند.

جدول ۱: خواص ماده فولاد H180Y

۰/۸ mm	ضخامت ورق
۱۹۶ – ۲۰۵ Mpa	استحکام تسلیم
۳۳۷ – ۳۵۷ Mpa	استحکام کششی
۰/۳	ضریب پواسون
۱۹۰ Gpa	مدول الاستیسیته
۱/۴	انیزوتروپی در جهت نورد
۱/۶	انیزوتروپی در جهت قطر
۲	انیزوتروپی در جهت عمود نورد

حالتی است که از ورق بدون پوشش استفاده شود. همچنین آزمایش‌های کشش و برش برای سه حالت پوشش سطحی انجام شده است. همانطور که در شکل (۵) مشاهده می‌شود اتصالات ورق‌هایی با پوشش محافظ در برابر خوردگی، ماکزیم نیروی برشی کمتری نسبت به اتصالات ورق‌های بدون پوشش دارند. حالت جدایش ورق‌ها که با استفاده از آندرکات مشخص می‌شود در هر دو آزمایش برش و کشش اتفاق می‌افتد.

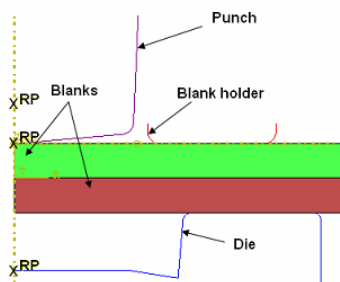


شکل ۵: نمودار تجربی نیروی برشی-ضخامت تحتانی اتصالات کلینچ TOX

علاوه بر این، آزمایش‌ها نشان می‌دهد که ضخامت ورق تغییر شکل یافته در سمت سنبه کمتر از ضخامت ورق در سمت قالب می‌باشد. از این رو نتیجه می‌شود که تغییر شکل بزرگتری در سمت سنبه نسبت به سمت قالب رخ می‌دهد. همچنین تغییر شکل متفاوتی بر روی پوشش محافظ در برابر خوردگی در سمت سنبه اتفاق می‌افتد.

شبیه‌سازی عددی

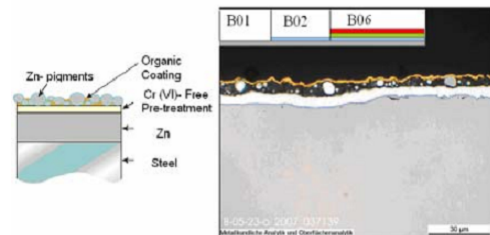
شبیه‌سازی اجزا محدود فرآیند کلینچ TOX با استفاده از نرم‌افزار تجاری آباکوس انجام شده است. مدل شبیه‌سازی شده شامل دو ورق شکل‌پذیر و همچنین سنبه، قالب و ورقگیر صلب می‌باشد که در شکل (۶) نشان داده شده است.



شکل ۶: مدل دوبعدی اجزا محدود فرآیند کلینچ TOX

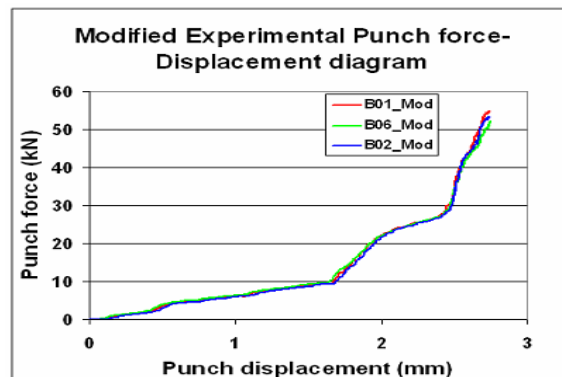
از آنجاییکه فرآیند کلینچ نیازمند یک تغییر شکل پلاستیک بزرگ است لذا برونمایی منحنی تنش-کرنش ضروری می‌باشد. منحنی جریان برونمایی شده برای فولاد H180Y بر اساس هولومون در شبیه‌سازی عددی لحاظ شده است. به منظور جلوگیری از قفل‌شدگی

پوشش محافظ در برابر خوردگی با همکاری گروه چمتال واقع در فرانکفورت آلمان تهیه شده است. این پوشش دارای ضخامت ۲/۵ تا ۴ میکرومتر است و شامل درصد بالایی از ذرات هادی الکتروسیسته روی، ذرات محافظ در برابر خوردگی (سیلیکا آمورف)، درصد کمی از ذرات تنگستن، زمینه پلیمر جهت چسبندگی و سایر ذرات عالی می‌باشد. مقطع عرضی پوشش محافظ در برابر خوردگی استفاده شده بر روی فولاد در شکل (۳) نشان داده شده است.



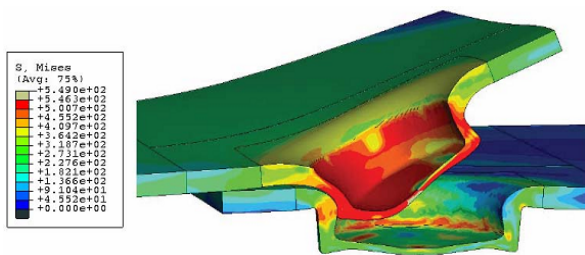
شکل ۳: شماتیک مقطع عرضی از پوشش محافظ در برابر خوردگی [۷]

آزمایش‌های کلینچ TOX در حالت‌های مختلف پوشش بر روی ورق نازک فولادی H180Y انجام شده است. همچنین اثر پوشش بر روی نیروی سنبه و هندسه اتصال کلینچ بطور تجربی مورد بررسی قرار گرفته است. منحنی‌های نیروی سنبه برای حالت‌های مختلف پوشش دهی در شکل (۴) نشان داده شده است.

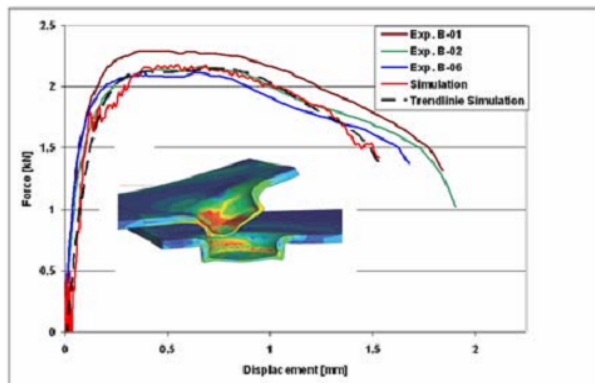


شکل ۴: نمودار نیروی-جابجایی سنبه اتصال کلینچ TOX برای شرایط سطحی مختلف (ضخامت تحتانی نهایی ۰/۳۵ میلی‌متر)

نتایج تجربی نشان می‌دهد که در ورق با پوشش محافظ در برابر خوردگی، نیروی سنبه جهت اتمام فرآیند کلینچ اندکی کمتر از



شکل ۹: توزیع تنش و نمیز اتصال کلینچ TOX شبیه‌سازی شده تحت نیروی برشی شبه استاتیکی

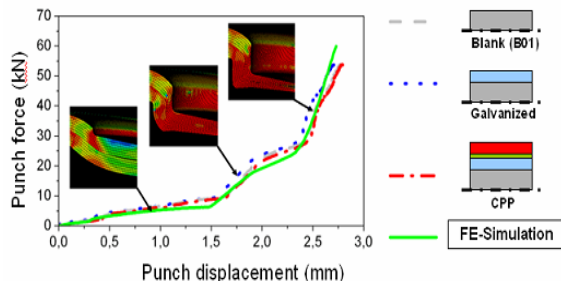


شکل ۱۰: مقایسه نمودار نیروی برشی-جابجایی شبیه‌سازی شده با نتایج تجربی

نتیجه گیری

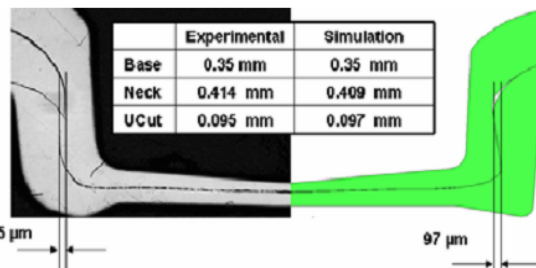
در این مقاله تاثیر شرایط سطحی ورق فولادی (بدون پوشش، پوشش الکتروالوانیزه و پوشش محافظ در برابر خوردگی) بر روی رفتار مکانیکی و پارامترهای اتصال کلینچ بصورت تجربی و عددی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج تجربی بیانگر تاثیر پوشش سطحی قطعه بر روی نیروی سنبه و همچنین پارامترهای اتصال می‌باشد. معیار قفل‌شدگی، نیروی سنبه و ماکزیمم نیروی شکست برای ورق‌های دارای پوشش اندکی کمتر از ورق‌های بدون پوشش است. لذا نتیجه می‌شود که سطوح پوشش‌دهی شده ضریب اصطکاک کمتری در مقایسه با سطوح بدون پوشش دارند. فرآیند کلینچ TOX و اتصال انجام شده تحت بارگذاری شبه استاتیکی شبیه‌سازی شده است. شرایط پوشش‌دهی ورق‌ها از طریق اعمال ضرایب اصطکاک متفاوت شبیه‌سازی شده است. نتایج شبیه‌سازی بیانگر تطابق مطلوب و قابل قبول با نتایج حاصل از آزمایش‌های تجربی در فرآیند کلینچ و شرایط بارگذاری است. همچنین مدل اجزا محدود ارائه شده در این مقاله قابلیت استفاده در بررسی رفتار خستگی اتصالات کلینچ را دارد.

در شرایط تراکم‌پذیری ماده، روش پناستی بکارگرفته شده است [۸]. جهت اعتبارسنجی شبیه‌سازی عددی با نتایج تجربی، نیروی سنبه و پارامتر آندرکات بعنوان مهمترین پارامترهای اتصال استخراج شده‌اند. شکل (۷) نتایج حاصل از آزمایش‌های تجربی و شبیه‌سازی عددی را نشان می‌دهد.



شکل ۷: مقایسه نتایج تجربی و شبیه‌سازی عددی فرآیند کلینچ TOX

ضریب اصطکاک نه تنها بر روی نیروی سنبه بلکه بر روی پارامتر آندرکات و سایر پارامترهای فرآیند کلینچ تاثیرگذار است. نتایج حاصل از شبیه‌سازی عددی نشان می‌دهد که با افزایش ضریب اصطکاک، پارامتر آندرکات افزایش می‌یابد. مقادیر آندرکات بدست آمده از شبیه‌سازی عددی تطابق قابل قبولی با نتایج حاصل از آزمایش‌های تجربی در طول فرآیند را نشان می‌دهد. اتصال کلینچ شبیه‌سازی شده در شکل (۸) با نمونه تجربی مقایسه شده است.



شکل ۸: مقایسه اتصال کلینچ شبیه‌سازی شده با نمونه تجربی

شبیه‌سازی اجزا محدود اتصالات کلینچ تحت بارگذاری شبه استاتیکی انجام شده است. همچنین رفتار استاتیکی اتصالات جوش برای حالت‌های مختلف پوشش‌دهی ورق فولاد H180Y بررسی شده است. مد جدایش ورق‌ها از همدیگر در شبیه‌سازی عددی لحاظ شده و با نتایج تجربی همخوانی خوبی دارد. نتایج شبیه‌سازی در شکل‌های (۹ و ۱۰) نشان داده شده است. شرایط پوشش‌دهی ورق‌های فولادی در شبیه‌سازی عددی با لحاظ کردن ضریب اصطکاک متفاوت اعمال شده است. برای ورق‌های بدون پوشش، ضریب اصطکاک برابر با ۰/۱۵ و برای ورق‌های پوشش‌دهی شده برابر با ۰/۰۹ در نظر گرفته شده‌اند.

- [5] Mechanical joining, On the WWW, at <http://www.aluminium.matter.org.uk>.
- [6] Varis, J.P., 2006. "Ensuring the integrity in clinching process". *Journal of Materials Processing technology*, 174 , 277-275.
- [7] Alsmann, M., 1997. *Journal für Oberflächentechnik*, 10.
- [8] Pauaula, A.A., Aguilar, M.T.P., Pertence, R., and Cetlin, P.R., 2007. "Finite element simulations of the clinch joining of metallic sheets". *International Journal of Materials Processing Technology*, 182 , 352-357.
- [1] Varis, J.P., and Lepisto, J., 2003. "A simple testing-based procedure and simulation of the clinching process using finite element analysis for establishing clinching". *Thin-Walled Structures*, 41, 691-709.
- [2] Deutsches Reichspatent, 1897. DRP-Nr. 97517.
- [3] Carboni, M., Beretta, S., and Mono, M., 2006. "Fatigue behavior of tensile-shear loaded clinched joint". *Engineering Fracture Mechanics*, 73, 177-190.
- [4] Shiming, G., and Lothar, B., 1993. "Mechanism of mechanical press joining". *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 34 (5), 641-657.