بررسی اثر قطر نازل و فشار آب بر کیفیت برش فولاد CK45 در فرآیند جت آب

مهرداد عضو امینیان[۱]، یونس انامرادی[۲]*

۱- استادیار، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه مهندسی مکانیک، واحد سمنان، **دانشگاه آزاد اسلامی**، سمنان، ایران
* تهران، ۱۵۸۷۹۱۷۷۱۱، u.anamoradi@gmail.com

چکیده

یکی از مزایای استفاده ازبرش با جت آب ساینده، خاصیت برشکاری سرد می باشد که ایجاد گرما نمی‌کند و مانع از ذوب شدن و یا ترک برداشتن و یا تاب برداشتن و سخت شدن سطح روی قطعات می‌شود. در این پژوهش، تأثیر قطر نازل در دو اندازه و فشار آب در دو مقدار متفاوت در میزان زبری سطح برش فولاد CK45 به وسیله روش جت آب به صورت تجربی بررسی شده است. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش قطر نازل از ۰,۷۶mm به ۱,۱mm، زبری سطح برش افزایش یافته است. همچنین با افزایش فشار آب از ۲۵۰۰ بار به ۳۰۰۰ بار، اگر چه تغییر محسوسی در کیفیت سطحی مشاهده نمی‌شود ولی با افزایش فشار آب در روش برش با جت آب، زبری سطح کاهش یافته و کیفیت برش افزایش می‌یابد.

کلیدواژگان

روش جت آب، ذرات ساینده، برش فولاد CK45، زبری سطح برش.

The Effect of Nozzle Diameter and Water Pressure On Cutting CK45 Steel Quality in Water Jet Process

Mehrdad Ozve Aminian[1], Unes Anamoradi[2*]

1-Assistant Professor, Mechanical Engineering Department, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran
2-Mechanical Engineering Department, **Islamic Azad University**, Semnan, Iran
*P.O.B. 1587917711 Semnan, Iran, u.anamoradi@gmail.com

Abstract

Cold cutting properties is one of the advantages of abrasive water jet usage that does not generate heat and prevent melting or cracking or warping and surface hardening of the parts. In this study, the effect of nozzle diameter and water pressure in two different amounts has considered on CK45 steel cutting surface roughness. The results show that by increasing the nozzle diameter of 0.76mm to 1.1mm, cutting surface roughness. Also by increasing water pressure from 2500 bar to 3000 bar, although there is no significant change in surface quality, but cutting surface roughness has decreased by increasing water pressure and cutting quality increases.

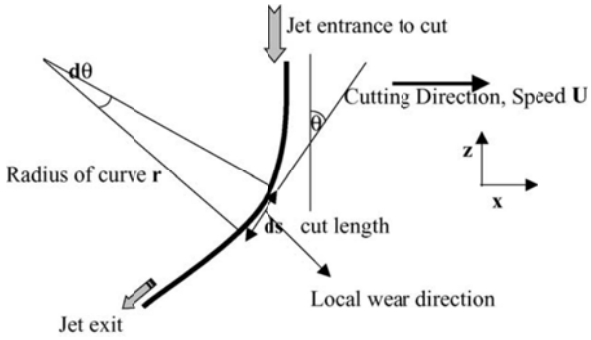
Keywords

Water jet process, Abrasive particles, CK45 steel cutting, Cutting surface roughness.

۱- مقدمه

همگام با پیشرفت صنعت و تکنولوژی، نیاز به دستگاه‌ها و تجهیزات متنوع و تک منظوره روز به روز افزایش می‌یابد، درنتیجه تولیدکنندگان به ابداع سیستم‌های تولید پیشرفته روی آورده‌اند، ازطرفی به منظورکاهش خطاها و ارتقای تکرارپذیری ودقت عمل، ربات‌های گوناگونی طراحی و ساخته شده‌اند تا محصولات تولیدی ازکیفیت و قابلیت اطمینان بالایی برخوردار باشند، یکی ازاین دستگاه‌های پیشرفته و کارآمد دستگاه برش به وسیله جت‌آب ساینده است.

درمقایسه با دیگر دستگاه‌های برش مانند برش پلاسما و لیزر، جت آب ساینده از امتیازات گسترده ای برخورداراست. نکته قابل توجه دراین روش عدم وجود تنش‌های حرارتی بعد از برش درقطعه است که در موارد حساس غیرقابل قبول است لذا استفاده ازجت آب ساینده به علت برش با آب هیچ نوع تنش حرارتی درقطعه برجای نمی‌گذارد. از جمله عوامل موثر بر زبری سطح برش میتوان به قطر نازل، فشار آب، حجم ساینده، جنس ساینده و نرخ پیشروی اشاره کرد. در دستگاه جت آب، برش به وسیله باریکه آب که حامل ذرات ساینده می‌باشد صورت می‌گیرد و در حالت مناسب باریکه آب که به طور عمود بر قطعه اصابت می‌کند، به همان نحو از طرف دیگر قطعه خارج می‌گردد.



شکل ۱ هندسه شروع برش با انحناء و زاویه برش[۱]

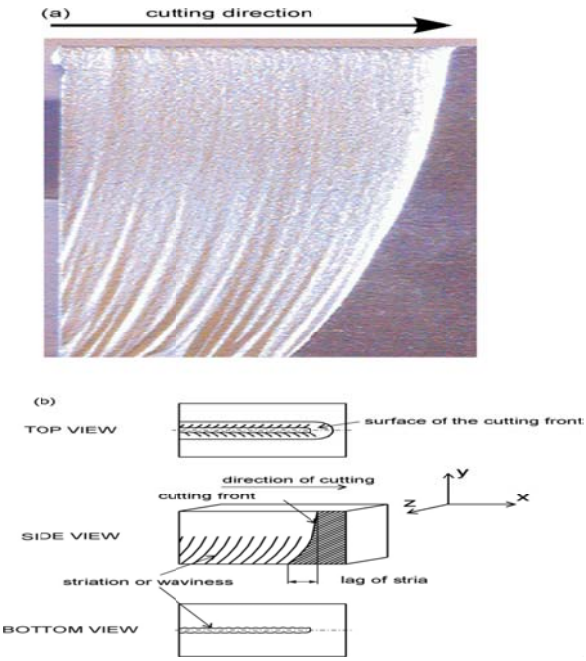
در صورتی که برخی پارامترهای موثر در برش به درستی انتخاب نگردند همانند شکل ۱، باریکهٔ آب دچار انحراف گشته و تأثیر منفی بر سطح برش می‌گذارد. عامل مهم درفرآیند مناسب یک برش، انتخاب سیستم مختصات می‌باشد. یک انتخاب مناسب می‌تواند درک درستی از فیزیک اتفاقات ارایه دهد. این حالت نیز در خصوص فرآیندهای برش‌کاری مانند برش با جت‌آب

ساینده صدق می‌کند، بر همین اساس طبق شکل۱، دونوع برش خواهیم داشت:

الف) برش محلی،که پارامترهای موثر بر برش به طور مستقیم بر محل برش اثر دارند.

ب) برش غیرمحلی، به منطقه ای از برش گویند که ازنقطه شروع، فاصله داشته و اثر پارمترهای موثر بر برش به حداقل خود برسد [۱].

هنگامی که پارامترهای موثر در کیفیت برش صحیح انتخاب نشوند قطعه تحت برش دچار نواقصی می‌گردد. این نواقص می‌توانند زبری و عدم یکنواختی بیش از اندازه سطح برش، مورب شدن دیواره‌های برش، بی‌نظمی و عدم یکنواختی در قسمت پایین قطعه و خروجی باریکه آب باشند که در شکل۲ قابل ملاحظه است.



شکل ۲ نمونه‌های برش ناقص به جهت انتخاب پارامترهای نامناسب دربرش قطعات[۲].

در رابطه با نرخ پیشروی، اوربانیک[1] و جانکار[2][۲] روی رابطه شروع برش و شکل گیری خط و خش بر سطح برش کار کرده اند و با توجه به این که خط و خش پدیده مشخصی است که با بالا بودن نرخ پیشروی و مقدار ضخامت قطعه کار حاصل می‌شود اما بر اساس اطلاعات به دست آمده از این تحقیق رابطه نفوذ سرعت برش با مکانیزم شکل گیری خط و خش قابل پشتیبانی نبوده و نیاز به آزمایشات بیشتر است.

اچلاواچ بر روی زاویه تمایل و رابطه آن با کیفیت سطح برش مطالعه کرده اند و آزمایشاتی با مقادیر مختلف نرخ پیشروی و سرعت برش انجام شده است و نتایج آنها با معادلات تئوری مقایسه شده است.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد اثر خط و خش به وجود آمده بر روی دیواره برش، نسبت به معادلات تئوری، دارای برش‌های مورب تری هستند [۳].

در خصوص جنس ساینده جنت تحقیقی ارایه داده است که در آن جهت برش از دو ساینده بر روی سه نوع ماده استفاده شده است. تحلیل نتایج و بررسی‌ها بر روی نرخ فرسایش، حجم ساینده و اندازه ذرات نشان می‌دهد که اثر مواد ساینده پلی‌کریستال از مواد ساینده تک‌کریستالی بیشتر است و ارتباط خطی بین سختی ساینده، نرخ فرسایش و زاویه لبه قطعه کار با ذرات ساینده وجود دارد [۴].

شمشیربند، نرخ پیشروی و نحوه عملکرد دستگاه‌های تست پیشرفته برای زبری سنجی سطح ماشین‌کاری با جت آب ساینده را مورد بررسی قرار داده است. تحقیقات وی نشان می‌دهد که با افزایش نرخ پیشروی زبری سطح نیز افزایش می‌یابد و مقادیر خروجی دستگاه‌های تست زبری با این موضوع همخوانی دارد [۵].

مدل تئوری در خصوص رفتار جریان درون قطعه در هنگام برش با جت-آب ساینده توسط اچلاواچ بررسی شده است، عمق برش در برشکاری جت‌آب ساینده بستگی به جنس مواد و پارامترهای متغیر دارد. مدل طراحی شده برای محاسبه زاویه برش در زمان نفوذ می‌باشد که نشان می‌دهد حجم ساینده مجدداً به سطح برش خروج کرده و اختلال در برش به وجود می‌آورد [۶].

۲- روش آزمایش

دراین پژوهش، یک قطعه فولادی CK45 با ترکیب شیمیایی که در جدول۱ آورده شده است با ابعاد ۵۰۰mm×۵۰×۵۰، توسط دستگاه جت‌آب ساینده برش خورده است.

جدول ۱ ترکیب شیمیایی فولاد CK45 برش یافته با روش جت آب.

Element	C	Si	Mn	Ni	Cr	Mo
CK45	۰/۴۵	۰/۴۳	۰/۶۴	۰/۴۱	۰/۴۴	۰/۱۲

چون قطر نازل و فشار آب دو پارامتر موثر بر کیفیت سطح مقطع برش خورده می‌باشند، بنابراین دو قطر نازل ۰/۷۶mm به ۱/۱mm، همراه با دو فشار ۲۵۰۰ بار[3] و ۳۰۰۰ بار انتخاب شدند. ذرات ساینده استفاده شده در این روش ساخت کشور هند با اندازه ریزی ۸۰ مش، با شکل و هندسه نامنظم با گوشه های تیز و با نام تجاری بلست رایت[4] می‌باشد.

در این روش حجم ذرات ساینده ۲۵۰gram/min و ۳۰۰gram/min و سرعت پیشروی برش۸/۷mm/min و ۱۰mm/min که بصورت سعی و خطا بدست آمده است، انتخاب شدند.

سطح مقطع برش برای سنجش کیفیت سطح و صافی سطح تحت آزمایش زبری قرار گرفته و میزان زبری سطح برش خورده هر حالت از برش با شرایط مختلف اندازه گیری شده است. جدول۲ شرایط و پارامتر های برش قطعات با فرآیند جت آب را نشان می‌دهد.

این کار از ابتدا تا انتهای سطح، درپنج نقطه انجام گرفته است و متوسط مقدار زبری هر سطح بعنوان عدد زبری (Ra) میانگین زبری و (Rz) میانگین بیشترین زبری محاسبه و بیان گردیده‌اند. جدول۳ نتایج حاصل از زبری سطح برش قطعات با شرایط مختلف نشان داده است.

جدول۲ شرایط و پارامتر های برش قطعات با فرآیند جت آب

1. Orbanic
2. Junkar
3. bar
4. Blast rite

کد برش	قطر نازل	عدد مش	جنس ساینده	حجم ساینده	فشار آب	میزان پیشروی
A	۰/۷۶mm	۸۰	Blast rite	۳۰۰gram/min	۳۰۰۰bar	۱۰mm/min
B	۱/۱mm	۸۰	Blast rite	۳۰۰gram/min	۳۰۰۰bar	۱۰mm/min
C	۰/۷۶mm	۸۰	Blast rite	۲۵۰gram/min	۳۰۰۰bar	۸/۷mm/min
D	۰/۷۶mm	۸۰	Blast rite	۲۵۰gram/min	۲۵۰۰bar	۸/۷mm/min

جدول۳ نتایج حاصل از زبری سطح برش قطعات با شرایط مختلف

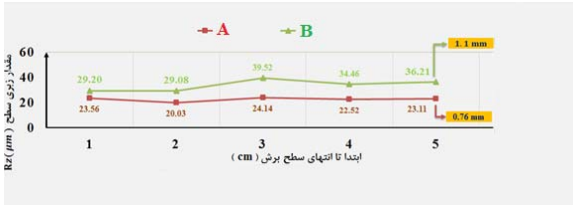
کد برش	زبری	متوسط زبری(µm)
A	Ra	۳/۲۹۶
	Rz	۲۲/۶۷۲
B	Ra	۵/۳۵۷
	Rz	۳۳/۶۹۴
C	Ra	۳/۱۲۳
	Rz	۲۱/۵۱۶
D	Ra	۳/۵۸۸
	Rz	۲۱/۶۱۰

۳- بررسی نتایج

۳-۱- اثر قطر نازل بر روی زبری سطح

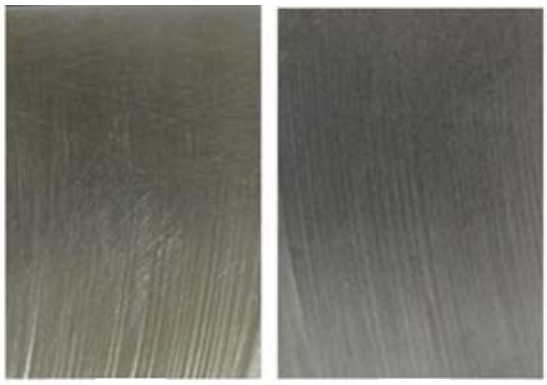
اثر قطر نازل بر زبری سطح برش در شکل ۳ و همچنین تصاویر سطوح برش در شکل ۴ نشان می‌دهد که مقدار زبری سطح در میانگین زبری و میانگین بیشترین زبری در نازل با قطر ۰/۷۶mm دارای زبری کمتری نسبت به قطر نازل ۱/۱mm می‌باشد.

الف



ب

شکل ۳ اثرقطرنازل بر زبری سطح برش با فرآیند جت آب. الف) R_a، ب) R_z



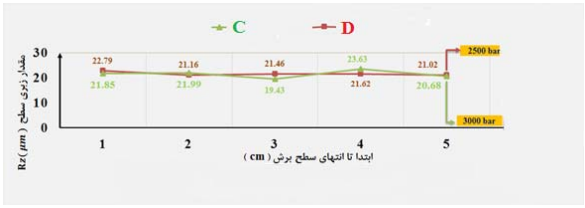
ب الف

شکل ۴ تصاویر سطوح برش خورده، الف) برش A ، ب) برش B

۳-۲- اثر فشار آب بر روی زبری سطح برش

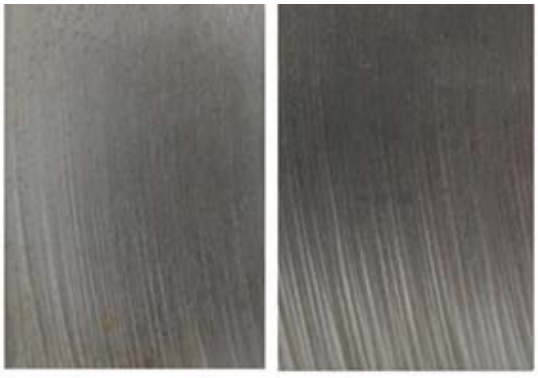
با بررسی نمودارهای اثر فشار آب بر زبری سطح برش در شکل ۵ و تصاویر برش نشان داده شده در شکل ۶، مشاهده می‌گردد که فشار آب بالاتر تأثیر مناسبتری بر پایین آمدن زبری سطح دارد.

الف



ب

شکل ۵ اثر فشار آب بر زبری سطح برش با فرآیند جت آب. الف) Ra، ب) Rz



ب الف

شکل۶ تصاویر سطوح برش خورده، الف) برشD، ب) برش C

۴- بحث (سگالش)

بر اساس نتایج به دست آمده اچنین نتیجه می‌شود که قطر نازل در کیفیت زبری سطح برش دخیل بوده و با توجه به نتایج زبری سنجی، نازل با قطر کمتر، میزان زبری سطح پایین‌تری را نتیجه می‌دهد. زیرا نازل با قطر ۰/۷۶mm باعث متمرکز شدن بیشتر ذرات ساینده درهنگام برش برسطح قطعه شده و در هر لحظه مقدار ذراتی را که بر سطح برش پرتاب می‌کند از پراکندگی کمتری برخوردار است. بنابراین استفاده از قطر نازل ۰/۷۶mm نسبت به ۱/۱ mm، سطح با زبری کمتر و یکنواخت تری را ایجاد می‌کند و از نظر اقتصادی استفاده از این نازل به علت مصرف پایین‌تر آب و ساینده به‌صرفه‌تر می‌باشد. همچنین از اشکال ۵ و ۶ چنین نتیجه می‌شود که با افزایش فشار آب، زبری کاهش می یابد زیرا فشار آب بالاتر سطح برش را راحت‌تر طی کرده و مقدار اثر باریکه آب بر سطح بیشتری از سطح برش با ثبات‌تر بوده و سطح برش غیر محلی کمتری پدید می‌آورد. در نمودار زبری Ra، سطح برش با فشار آب ۳۰۰۰ بار کیفیت سطح مناسبی دارد اما میزان نوسان در مقادیر زبری، نسبت به فشار آب ۲۵۰۰ بار افزایش نشان می‌دهد و علت آن رابطه مستقیم فشار آب و مقدار نفوذ ذرات ساینده در سطح برش می‌باشد. اما در نمودار Rz، زبری در هر دو فشار یکسان بوده و با هم اختلافی ندارند.

۵- نتیجه گیری

مشاهدات و نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که با افزایش قطر نازل از ۰/۷۶mm به ۱/۱mm برای برش فولاد CK45 با روش جت آب، زبری سطح افزایش و با افزایش فشار آب از ۲۵۰۰ بار به ۳۰۰۰ بار زبری سطح فولاد در برش جت آب کاهش می‌یابد.

۶- مراجع و منابع

[1] R.T.Deam,E.Lemma,D.H.Ahmed, "Modelling of the abrasive water jet cutting process", *Wear*, Vol. 257, pp 877-891, 2004.

[2] H.Orbanic, M. Junkar, "Analysis of striation formation mechanism in abrasive water jet cutting",*Wear*, Vol. 257, pp 821-830, 2008.

[3] L.M.Hlavačca,I.M.Hlavačovaa,L.Gembalovaa,J.Kaličinsky´a,S.Fabianb, J. Mˇeˇst'anekc, J. Kmecd, V.Madra,"Experimental method for the investigation of the abrasive water jet cutting quality", *Journal of Materials Processing Technology,* pp. 6190–6195, 2009.

[4] M.Gent, M.Menéndez, S. Torno , J. Toraˆno , A. Schenk, "Experimental evaluation of the physical properties required of abrasives for optimizing waterjet cutting of ductile materials", *Wear*, vol. 284– 285 , pp. 43– 51, 2012.

[5] Zarko´Cojbaˇsi´c, Dalibor Petkovi´c, Shahaboddin Shamshirband, Chong Wen Tong, Sudheer Ch, Predrag Jankovi´c, Nedeljko Duˇci´c, Jelena Barali´c, "Surface roughness prediction by extremelearning machineconstructedwith abrasive water jet", *Precision Engineering*, 2015.

[6] Libor M. Hlavaˇc, "Investigation of the abrasive water jet trajectory curvature inside the kerf", *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 209, pp. 4154–4161, 2009.