

مقدمه:

همگام با پیشرفت صنعت و تکنولوژی، نیاز به دستگاهها و تجهیزات متنوع و تک منظوره روز بروز افزایش می‌یابد. علاوه بر این تنوع، سلیقه‌های گوناگون استفاده‌کنندگان و روند به سوی تکامل صنعت، موجب شده‌اند که دیگر سیستمهای تولیدی قدیمی مانند ماشینهای تراش معمولی، جوابگوی تغییرات مداوم در تقاضاهای بازار نباشند. در نتیجه، با تنگ تر شدن عرصه رقابت، تولیدکنندگان در سالهای اخیر به ابداع سیستمهای تولیدی پیشرفته روی آورده‌اند تا بتوانند هم قادر به ارضای نیازهای مشتری باشند و هم بقای خود را تضمین نمایند. در طی این تغییر و تحول سیستمهای تولیدی، رایانه‌ها نقش بسیار مهمی را در هدایت، کنترل و پیگیری عملیات مختلف دستی یا ماشینی بعهده گرفته‌اند. از طرفی، به منظور کاهش خطاهای انسانی و ارتقای سطح تکرارپذیری و دقت عمل، رباتهای گوناگونی طراحی و ساخته شده‌اند تا محصولات تولیدی از کیفیت و قابلیت اطمینان بالایی برخوردار شوند. یکی از این دستگاههای پیشرفته و کارآمد دستگاه برش بوسیله جت آب (water jet cutting) می‌باشد.

تاریخچه :

این موتورهای آبی ، در زمینه تکنولوژی به مدت بیش از یکصد سال استفاده می شده است، بعنوان مثال در زمینه استخراج معدن و ساخت تونل برای سنگ شویی کردن سنگ و زمین از آن استفاده می شده . اولین تلاشها برای بریدن مواد نرم با استفاده از واتر جت از سال ۱۹۶۰ آغاز شده است. از اواسط دهه هشتاد واتر جت در ترکیب با مواد ساینده برای بریدن مواد سخت مثل فلزات و سنگها و پلاستیکها نیز مورد استفاده قرار گرفت .

اخیراً بر طبق گزارش Sullivan و Frost که يك شرکت بازاریابی کار می‌کنند، اعلام نموده‌اند که abrasive waterjet به نحو چشمگیری رشد و گسترش قابل ملاحظه‌ای پیدا کرده است. رشد ۹/۱ درصد در فاصله سال‌های ۲۰۰۲-۱۹۹۷ برای بازار واترجت و جت مواد در آینده پیش‌بینی می‌شود. هم واترجت و هم لیزر قادرند فلزات و دیگر مواد را برش دهند. ولیکن دستگاه‌های واترجت ارزان‌تر از دستگاه‌های لیزر می‌باشند. این فرآیند برای برشکاری و شیار زنی غیر فلزات متخلخل مانند: چوب ، چرم ، اسفنج و... مناسب است. از آن همچنین برای برشکاری کامپوزیت ها ، برداشتن روکش سیم ها و پلیسه گیری استفاده می شود .

جت آب یک ابزار برشی است که هرگز کند نمی شود و یا نمی شکند . این فرآیند گرد و غبار تولید نمی کند ، پس از این رو خطرات موجود در ماشین کاری کامپوزیت های الیافی و آزبست ها به حد اقل می رسند .

واتر جت چیست ؟

برش واتر جت به معنی برش مواد با استفاده از فشار زیاد آب است. آب با خروج از نازلی با قطر خیلی کوچک به سبب فشار زیادی که دارد سرعتی در حدود ۹۰۰ متر بر ثانیه پیدا می کند که می تواند هر ماده ای را برش دهد. با کنترل کامپیوتری این نیرو می توان اشکال مورد نظر را تولید کرد.

دهنده که فشاری در حدود دستگاه برش واتر جت از دو قسمت اصلی تشکیل شده است. پمپ شدت که بر روی ساختمان دستگاه نصب شده است. تولید می کند و نازل برش Psi ۴۰۰۰۰ تا ۶۰۰۰۰ را داراست. بنابراین به راحتی قدرت انجام X, Y, Z این نازل قدرت گردش در سه جهت فرمانهای لازم را دارد.

در مقایسه با برش پلاسما ، لیزر ، امتیازات واتر جت وسیع است. واتر جت قابلیت برش بازه وسیعی از مواد را داراست. به عنوان مثال می توان به فلزات، غیر فلزات، سرامیک، فلزات غیر آهنی، انواع سنگ، چرم، پلاستیک، شیشه و ... اشاره کرد. نکته قابل توجه در صنعت ایجاد تنشهای حرارتی بعد از برش در قطعه است که در موارد حساس غیر قابل قبول است لذا استفاده از واتر جت به علت برش با آب هیچ نوع تنش حرارتی در قطعه بر جا نمی گذارد که منحصر به فرد و بسیار حائز اهمیت است.

ضخامت اقتصادی برش با واتر جت حدود ۵۰ سانتی متر است. برای فلزات اگر نیاز به برشی با ضخامت بیشتر دارید استفاده از این روش پیشنهاد نمی شود.

ماشین‌کاری با جت آب و ذرات ساینده

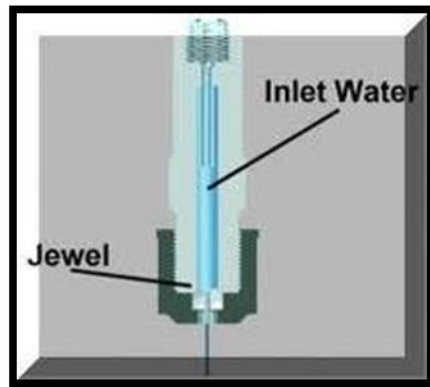
اگرچه سال‌هاست که از استفاده از تکنولوژی جت مواد ساینده و جت آب می‌گذرد و لیکن اخیراً این دو فرآیند در زمینه بازار ماشین ابزار جایگاه مناسبی پیدا کرده است. این موضوع مهم و قابل توجه است و تعدادی از نوآوران قدیمی با استفاده از جایگزینی و تکمیل فرآیندهای معمولی ماشین‌کاری خود با استفاده از این دو فرآیند (ماشین‌کاری با جت آب و جت مواد ساینده) سود فراوانی برده‌اند. عملاً دستگاه‌های واترجت برتر از ماشین‌های برش معمولی می‌باشند.



چرا تعداد زیادی از مردم به خرید دستگاه‌های واترجت روی آورده‌اند،

زیرا: چون می‌توانند سریع برنامهریزی کرده و در مدت کوتاهی پول‌دار شده و سود زیادی عایدشان شود. همچنین می‌توانند سریعاً دستگاه را تنظیم کرده و کل مجموعه تنظیمات دستگاه را تنظیم کرده و کل مجموعه تنظیمات دستگاه را چک کنند آنها از ابزار دستگاه خیلی تعریف می‌کنند. چونکه ابزار، هم در ماشینکاری اولیه و هم در ماشینکاری ثانویه (نهایی) یکی است و نیازی به تغییر ابزار نمی‌شود. سرعت ساخت قطعات بسیار بالا و خارج از تصور می‌باشد. این روش باعث ایجاد اثرات حرارتی روی قطعه نمی‌شود. آنها می‌توانند هزینه خرید دستگاه را در مدت کوتاهی تامین نمایند. شما قبلاً عبارات واترجت و جت مواد ساینده را شنیده‌اید، این مهم است که بدانید جهت مواد ساینده همان واترجت نمی‌باشد، اگرچه خیلی به هم شبیه هستند. تکنولوژی جت‌آب به حدود ۲۰ سال پیش برمی‌گردد و جت مواد ساینده حدوداً ۱۰ سال بعد به وجود آمد. اساس هر دو روش مبتنی بر افزایش فشار آب تا حد خیلی زیاد و خروج آب از یک روزنه کوچک به خارج می‌باشد. سیستم واترجت از یک باریکه آب استفاده می‌کند که از دهانه (orifice) خارج می‌شود و می‌تواند مواد نرمی از قبیل پارچه و مقوا را برش دهد و لیکن نمی‌تواند مواد سخت‌تری را برش‌کاری کند. آب در دهانه ورودی از ۲۰ تا ۵۵ هزار پوند بر اینچ مربع تحت فشار قرار می‌گیرد، سپس از دهانه (jewel) که قطر آن به طور نمونه ۰/۰۱۵-۰/۰۱۰ اینچ می‌باشد. با فشار خارج می‌شود و در سیستم جت مواد ساینده، مواد ساینده به جت‌آب افزوده شده تا بتواند مواد سخت‌تر را نیز برش دهد. سرعت خیلی زیاد جت آب باعث ایجاد خلاء شده و مواد ساینده را به داخل نازل مکش می‌کند. اغلب مردم زمانی که منظورشان جت ساینده است، به غلط اصطلاح واترجت را به کار می‌برند. یک مجموعه کامل نازل واترجت حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ دلار می‌باشد در صورتی که نازل جت سازنده حدود ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار هزینه در بر دارد. هزینه عملیاتی جت مواد ساینده به خاطر سایش تیوپ مخلوط‌کننده مواد ساینده با آب و همچنین به خاطر مصرف مواد ساینده نسبت به واترجت خیلی زیاد است.

تنها محدودیت جت آب نازل‌های آن می‌باشد و **jewel** دارای سوراخ بسیار ریزی بوده که آب با فشار از آن به بیرون پاشیده می‌شود. **Jewel** ممکن است ترک برداشته و یا در اثر رسوب در آن مسدود شدن دهانه یا قوتی نازل در اثر ورود مواد زائد و گرد و کثافت در دهانه ورودی آب (**inlet water**) می‌باشد و می‌توان برآحتی و با استفاده از یک فیلتراسیون مناسب از بروز چنین مواردی جلوگیری نمود. رسوبات در اثر مواد معدنی موجود در آب نیز ممکن است پدید آید. **Jewel**ها را می‌توان در مدت کوتاهی حدود ۲ تا ۱۰ دقیقه تعویض نمود. همچنین قیمت بالایی نداشته و حدود ۵ تا ۵۰ دلار می‌باشد، البته نازل‌های الماسه نیز وجود دارند ولیکن قیمت آنها حدود ۲۰۰ دلار می‌باشد و همچنین ساخت آنها نیز مشکل‌تر از نازل‌های یا قوتی می‌باشد. ابعاد و شکل هندسی دهانه نازل در نحوه عملکرد آن تاثیر بسیار مهمی داشته و در مورد نازل‌های الماسی تامین این دقت و تolerانس کمی مشکل و هزینه‌بر می‌باشد.



محدودیت‌های نازل‌های جت مواد ساینده

نازل‌های جت مواد ساینده علاوه بر طرح ساده‌ای که دارند گاه‌گاهی ایجاد مشکلاتی نیز می‌کنند. طرح‌های گوناگونی ساخته شده‌اند ولی همگی در بروز یکسری مشکلات مشترک هستند. تیوپ مخلوط‌کننده يك قطعه و مجموعه گران‌قیمت بوده و به علت سایش در اثر مواد ساینده دارای عمر کوتاهی نیز می‌باشد. همانطوری که گفته شد، جت مواد ساینده قادر است هر چیزی را برش دهد و این توانایی بالایی فرسایش و در نتیجه آن برش مسیر عبور و تیوپ مخلوط‌کننده را نیز تحت تاثیر قرار می‌دهد و همین امر در افزایش قیمت نهایی قطعه تولیدی تاثیر می‌گذارد.

از دیگر معایب دستگاه‌های جت مواد ساینده این است که تیوپ مخلوط‌کننده گاه‌گاهی مسدود می‌شود. معمولاً علت این امر در اثر مواد زاید و کثیف (dirt) و همچنین دانه‌های مواد ساینده که از اندازه استاندارد بزرگتر باشند نیز حاصل می‌شود.

مزایای ماشین‌کاری با جت مواد ساینده

۱- برنامه‌ریزی و تنظیم فوق‌العاده سریع

در این فرآیند نیازی به تغییر ابزار جهت کارهای مختلف نمی‌باشد، برعکس دیگر دستگاه‌های ماشین‌کاری که حتی برای تعویض ابزار نیز باید برای دستگاه برنامه‌ریزی کرد. تنها برنامه‌ریزی لازم برای انجام عملیات ارائه نقشه قطعه به دستگاه می‌باشد و اگر مشتری نقشه قطعه کار را روی يك دیسکت به شما تحویل دهد، نصف کار انجام شده است و این به این معنی است که شما در تولیدات کم و حتی تک‌سازي هم می‌توانید سود قابل توجهی ببرید.

۲- برای اغلب کارها نیاز به فیکسچر محدودی نیاز است

برای مواد تخت می‌توان پس از قرار دادن آنها روی میزکار با قراردادن دو وزنه ۱۰ پوندي روی آن قطعه کار را فیکس نمود و برای قطعات کوچک می‌تواند با استفاده از رویندهای کوچک، کار را محکم نمود.

۳- امکان ماشین‌کاری تقریباً هر قطعه (شکل) دو بعدی و برخی از قطعات (اشکال) سه

بعدی

امکان ماشین‌کاری شعاع‌ها و گوشه‌های داخلی با شعاع کم، امکان ساخت فلانچ کاربراتور با سوراخ‌ها و همه چیزهای لازم آن. برخی از دستگاه‌های فوق‌العاده پیشرفته قادر به ماشین‌کاری سه بعدی می‌باشند. ماشین‌کاری سه بعدی نیازمند و مستلزم دقت زیادی می‌باشد. به همین دلیل ماشین‌کاری سه بعدی صرفاً جهت کاربردهای خاص به کار می‌رود. به هر حال ماشین‌کاری جت مواد ساینده دارای توانمندی فوق‌العاده در تولید اشکال دو بعدی است و لیکن در مورد اشکال سه بعدی دارای محدودیت‌هایی می‌باشد.

۴- اعمال نیروی جانبی بسیار کم به قطعه حین ماشین‌کاری

بدین معنی که شما می‌توانید با اطمینان قطعاتی که ضخامت دیواره آنها به کوچکی ۰/۰۰۲۵ اینچ باشد را به راحتی و بدون ترکیدگی و یا حتی لب‌پریدگی، ماشین‌کاری کنید. همچنین پایین بودن زیاد میزان نیروی جانبی برش این امکان را فراهم می‌کند تا بتوان اشکال لانه زنبوری و تو در تو تولید نموده و با این کار را از متریل حداکثر استفاده را کرد.

۵- اغلب هیچ گونه گرمایی روی قطعه کار ایجاد نمی‌شود.

شما می‌توانید قطعه کار را ماشین‌کاری کنید. بدون ایجاد افزایش دما و سخت شدن قطعه کار و بدون تولید دوده‌های سمی، بدون ایجاد پیچیدگی در قطعه کار، و بدون تولید دوده‌های سمی، و بدون ایجاد پیچیدگی در قطعه کار. شما می‌توانید قطعاتی را که قبلاً سخت‌کاری شده‌اند و عملیات حرارتی بر روی آنها انجام شده است را به راحتی ماشین‌کاری کنید. در ایجاد سوراخ بر روی فولاد به ضخامت ۲ اینچ حداکثر دمای قطعه کار به ۱۲۰ درجه فارنهایت می‌رسد و لیکن ماشین‌کاری بر روی دیگر قطعات در دمای اتاق انجام می‌شود.

۶- نیازی به ایجاد سوراخ اولیه نمی‌شود.

بر خلاف ماشین‌کاری با وایرکات که نیاز به ایجاد سوراخ اولیه می‌باشد در این روش نیازی به ایجاد سوراخ اولیه نیست.



۱- آب ۲- نازل ۳- مواد ساینده ۴- نگهدارنده ۵- خروج آب و مواد ۶- قطعه کار ۷- پایه های نگهدارنده قطعه کار ۸- آب انباشته شده ۹- محل برش داده شده ۱۰- لوله هدایت مواد ۱۱- مواد ساینده

موضوع ضخامت قطعه کار

محدودیت مشخصی برای ضخامت معلوم نمی باشد و لیکن سرعت برش تابعی از ضخامت قطعه کار می باشد.

عدم آسیب رسانی به محیط

شما می‌توانید از مواد ساییده شده قرمز رنگ که از garnet بجای مانده است جهت تزئین گلدانها استفاده کنید حتی اگر شما می‌خواهید قطعات زیادی از جنس مواد خطرناک از قبیل سرب و ... را ماشین‌کاری کنید، این مهم است که مقدار خیلی کمی از ماده برداشته می‌شود. این خود در حفاظت محیط‌زیست موثر است. استفاده مجدد از مواد خام باقی مانده

هنگام ماشین‌کاری قطعات گران‌قیمت از قبیل تیتانیوم، باقی مانده ماده خام نیز ارزشمند است زیر عرض برش این فرآیند کوچک بوده و پس از تولید قطعه اصلی، می‌توان از مواد باقی مانده مجدداً قطعات دیگری تولید نمود. فقط به یک ابزار نیاز است.

در این روش نیازی به تغییر ابزار نمی‌باشد و حتی نیازی به برنامه‌ریزی جهت تغییر ابزار نمی‌باشد. برنامه‌ریزی و تنظیم دستگاه و تمیز کردن نیز زمان زیادی نمی‌برد، از این رو در این روش سرعت تولید و بهره‌وری خیلی زیاد است.

افسانه‌های معمول در مورد جت مواد ساییده

شما می‌توانید فولاد به ضخامت ۶ اینچ را با آب ببرید؟! خیر! اگر شما مشاهده می‌کنید که یک قطعه فولادی به ضخامت ۶ اینچ در حال برش‌کاری است، بدانید که این واترجت نیست بلکه جت مواد ساییده است که این کار را انجام می‌دهد. وظیفه آب در اینجا فقط اعمال شتاب فوق‌العاده زیاد بر مواد ساییده است. و این مواد ساییده است که فولاد را می‌برد، نه آب!

عمر نازل برش‌کاری

به اشتباه خیال می‌شود که عمر نازل خیلی مهم و حساس است و این در حالی است که عمر قسمت نازل دستگاه اهمیت آن چنانی ندارد و آنچه که مهم است عمر تیوپ مخلوط‌کننده مواد ساینده با آب است.

Orifice یا Jewelها ارزان هستند و اصلاً قابل قیاس با تیوپ مخلوط‌کننده نمی‌باشد. Jewelها قسمت نازل یا دهانه خروجی آب است که از جنس لعل یا یاقوت می‌باشد تقریباً ارزان و حدود ۱۵ تا ۵۰ دلار می‌باشند و این در حالی است که قیمت تیوپ مخلوط‌کننده ۱۰۰ تا ۲۰۰ دلار می‌باشد (قیمتها براساس سال ۲۰۰۶ می‌باشد). Jewelها نوعاً در اثر رسوبات معدنی موجود در آب آسیب می‌بینند که البته این رسوبات قابل برداشت می‌باشند. Jewel از جنس یاقوت قرمز و آبی تقریباً یکسان هستند و تفاوتشان فقط در رنگشان است. علت رنگ قرمز rubyها به علت درصد بالای کرم موجود در آنها بوده و در مقابل sapphireها علت رنگ آبی، درصد بالای آهن موجود در آنها است ولی هر دو سنگ یاقوت معدنی می‌باشند. اما اگر هنوز عمر مفید نازل برای شما خیلی مهم است می‌توانید بجای نازل از جنس یاقوت قرمز یا آبی، از نازل الماسه استفاده کنید ولی بهتر است فعلاً از يك سامانه مناسب فیلتراسیون آب استفاده کنید.

مدت کارکرد مفید تیوپ مخلوط‌کننده

برای روشن شدن موضوع بدانید استفاده از يك تیوپ مخلوط‌کننده کهنه و آسیب دیده در اثر کارکرد مانند بکارگیری يك تیغچه الماسه کند شده می‌باشد. این مشکل است که بگوییم چه وقت يك تیوپ کاملاً آسیب دیده و قابل کاربرد نمی‌باشد. اما این مهم است که ساینده‌گی در تیوپ باعث کاهش کارایی ماشین‌کاری می‌گردد. برای کارهای دقیق بهتر است از يك تیوپ جدید استفاده نمود.

عمر مفید تیوب به پارامترهای زیادی بستگی دارد، به عنوان مثال نوعاً از ۲۰ تا ۱۰۰ ساعت می‌تواند عمر مفید متوسط فرض شود. البته با توجه به شرایط ممکن است از این زمان سریع‌تر یا کندتر نیز سایش اتفاق بیفتد که البته باز به شرایط کاری بستگی دارد.

هزینه اصلی عملیاتی چیست؟

وقتی هزینه‌هایی از قبیل تیوب اختلاط و دهنه‌های نازل که قطعات گران‌قیمت و فرسایشی هستند را مورد توجه قرار می‌دهید بایستی هزینه کل عملیات را نیز در نظر گرفته و آن را با سودمندی و قدرت تولید دستگاه مقایسه کنید وقتی شما چنین مقایسه‌ای را انجام دهید خواهید دید که دستگاه جت مواد ساینده شاید سودآورترین دستگاه در کارگاه شما باشد.

توجه داشته باشید که قیمت ساعت کار دستگاه بین ۲۰ تا ۳۵ دلار متغیر است. البته کارگاه‌هایی نیز مشاهده شده‌اند که به علت انجام کارهای فوق‌العاده دقیق، ساعت کار دستگاهشان بین ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار می‌باشد.

البته کمی غیر عادی نیز می‌باشد و همچنین کارگاه‌هایی نیز دیده می‌شوند که کارهایی انجام می‌دهند که انجام آنها با سایر روش‌ها یا تقریباً غیر ممکن و یا با استفاده از روش‌هایی که بتواند جایگزین جت مواد ساینده شود، خیلی گران می‌شود.

تلرانس‌ها و دقت‌های قابل دستیابی

جهت تولید قطعات دقیق نیاز به دستگاه دقیق نیز می‌باشد. البته پارامترهای دیگری نیز وجود دارند که مهم و قابل توجه می‌باشند. یک میکروکار دقیق در دقت کار تاثیر دارد. فاکتور اصلی در دقت و تلرانس، نرم‌افزار دستگاه است نه سخت‌افزار آن! تلرانس قابل دستیابی به مقدار زیادی به مهارت

استفاده کننده بستگی دارد. اخیراً پیشرفت‌های مهمی در خصوص کنترل فرآیند جهت دستیابی به تلرانس‌های بالاتر صورت گرفته است. دستگاه ۱۰ سال پیش دارای تلرانس کاری بین ۰/۰۶۰ تا ۰/۱۰ اینچ بوده است و لیکن امروزه دستگاه‌هایی تولید شده‌اند که قادرند قطعاتی با تلرانس ۰/۰۰۲ اینچ تولید کنند.

پمپ تشدید کننده پیشرفته و جدید سرعت آب،

(از این پمپ برای برش دادن ضخامت‌های مختلف و بالا بردن دقت برش استفاده می شود)

پایین، نمای درونی نحوه کارکرد پمپ تشدیدکننده سرعت آب

جنس قطعه کار

مواد سخت‌تر نوعاً پس از برشکاری کمتر taper شده‌اند و این مسئله در تعیین میزان تلرانس قابل دستیابی، قابل توجه است.

ضخامت قطعه کار

هنگامی که ضخامت قطعه کار افزایش می‌یابد، کنترل رفتار خروجی جت ساینده در محلی که از قطعه کار خارج می‌شود، مشکل می‌گردد و هر چه ضخامت قطعه کار افزایش یابد، میزان شیب‌دار شدن و احتمال لب‌پریدگی افزایش می‌یابد.

دقت و پایداری میزکار

واضح است است دقت بالاتر وقتی حاصل می‌شود که حرکت میز دقیق‌تر و قابل کنترل‌تر باشد. ارتعاشات بین سیستم حرکتی و قطعه کار و ضعف در کنترل سرعت و تغییر ناگهانی در وضعیت دستگاه می‌تواند باعث بروز عیب در قطعه کار گردیده که اغلب witness marks نامیده می‌شود. شکل زیر قطعات تولید شده توسط این روش را نشان می‌دهد.

کنترل جت مواد ساینده

چون اساساً ابزار برشی یک جریانی از آب پر فشار همراه با مواد ساینده است؛ هنگام خروج از قطعه کار حالت اریبی شکل بوجود می‌آید، لذا جهت حصول تکرانس و دقت لازم بایستی این عقب‌افتادگی با کنترل مناسب جبران گردد. این مسئله عقب‌افتادگی (lag) می‌تواند در موارد ذیل بروز اشکال نماید :

۱- در اطراف منحنی‌ها

هنگامی که جت می‌خواهد از یک مسیر منحنی شکل عبور نماید، lag باعث شیب‌دار شدن می‌گردد، بنابراین برای جلوگیری از این امر بایستی سرعت حرکت خطی مسیر برش را پایین آورد و اجازه داد که قسمت انتهایی جت و قسمت ابتدایی آن که این دو مابین محل ورود جت و محل خروج آن از قطعه کار قرار دارد در یک راستا قرار گرفته و از شیب‌دار شدن آن جلوگیری گردد

۲- گوشه‌های داخلی

هنگامی که جت وارد يك گوشه داخلی از مسیر برش می‌گردد باید سرعت پیشروی را پایین آورد تا عقب‌افتادگی قسمت انتهایی جت جبران شده و مسیر برش صاف و بدون شیب‌دار شدن تولید شود در غیر این صورت احتمال افزایش شعاع گوشه وجود خواهد داشت. همچنین پس از اتمام ماشینکاری گوشه‌ها و رسیدن به خط مستقیم نباید سرعت پیشروی يك مرتبه افزایش یابد زیرا این عمل باعث پس زدن ناگهانی جت و آسیب‌دیدگی قطعه کار می‌گردد.

۳- میزان پیشروی

هنگامی که سرعت پیشروی کاهش داده می‌شود، عرض مسیر برش، مقدار اندکی افزایش می‌یابد.

۴- شتاب

هر گونه حرکت ناگهانی از قبیل تغییر در میزان پیشروی به طور ناگهانی باعث آسیب‌دیدگی قطعه کار می‌گردد. لذا باید برای کارهای فوق‌العاده دقیق، شتاب به خوبی کنترل گردد.

۵- فاصله نازل تا قطعه کار

برخی از نازل‌ها نسبت به برخی دیگر باعث شیب‌دار شدن بیشتری در مسیر برش می‌گردد. نازل‌های بلندتر معمولاً شیب کمتری ایجاد می‌نمایند، کاهش فاصله نازل تا سطح قطعه کار باعث کمتر شدن شیب می‌گردد.

۶- عرض برش

عرض برش که همان قطر یا عرض پرتو جت می‌باشد، مشخص می‌کند که تا چه حد شما می‌توانید گوشه‌هایی تیز و با حداقل شعاع گوشه تولید نمایید. تقریباً کوچکترین قطر پرتو جت تولید عرض برشی به پهنای ۰/۰۳۰ اینچ می‌نماید. دستگاه‌هایی با قدرت عملیاتی بالاتر نیازمند نازل‌های بزرگتری می‌باشد زیرا حجم آب و مواد ساینده نیز بیشتر خواهد بود.

۷- ثبات فشار پمپ

تغییرات در فشار پمپ و اثر جت می‌تواند باعث ایجاد اثراتی بر روی قطعه نهایی گردد. بنابراین لازم است که در حین انجام عملیات طوری برنامه‌ریزی گردد که تغییرات فشار پمپ به حداقل رسیده تا از ایجاد اثرات نامطلوب بر قطعه کار جلوگیری شود و این موضوع بخصوص در مواردی که تلرانس مورد نظر در حدود ۰/۰۰۵ اینچ باشد، رعایت این مسئله الزامی است پمپ‌های قدیمی‌تر اغلب بیشتر باعث بروز چنین مشکلاتی می‌شدند ولیکن پمپ‌هایی که با استفاده از سیستم میل‌لنگ کار می‌کنند باعث توزیع فشار یکنواخت‌تر و منظم‌تر می‌گردند.

۸- تجربه اپراتور

با توجه به فاکتورهای ذکر شده سیستم جت مواد ساینده قادر است قطعات را با تلرانسی از ۰/۰۲۰ اینچ تا ۰/۰۰۱ اینچ تولید نماید. امتیاز و برتری یک دستگاه جت مواد ساینده نسب به نوع مشابه خود، در سهولت دستیابی به تلرانس‌های مذکور می‌باشد در صورتی که نازل بتواند در هر موقعیت لازم

نسبت به محورهای X و Y با تکرانس ۰/۰۱ اینچ قرار گیرد، بنابراین شما می‌توانید قطعه‌ای با ضخامت ۰/۵ اینچ را با تکرانس ۰/۰۰۲ اینچ تولید نمایید. علاوه بر مطالب فوق، تجربه اپراتور نیز حائز اهمیت می‌باشد.

فرآیند های مشابه:

ماشین کاری با جت ساینده (AJM)، ماشین کاری جریان ساینده (AFM) و ماشین کاری جت آب ساینده (AWJM) در این فرآیند ها از مواد ساینده، جت آب و یا هر دو آنها برای ماشین کاری استفاده می‌کنند.

در AJM، مواد ساینده به وسیله فشار هوا به سطح قطعه کار برخورد می‌کند و باعث ماشین کاری می‌شود. در واتر جت فقط آب ماشینکاری میکند.

ابزار برش :

ابزار برش، آب خالص یا آب به همراه مواد ساینده است. فرآیند برش با آب خالص معمولاً برای مواد کم استحکام مانند کاغذ، شیشه، فایبر گلاس و مقوا و فرآیند برش به همراه مواد ساینده، برای مواد مستحکم مانند فلزات و آلیاژها مورد استفاده قرار می‌گیرد. برش بوسیله جت آب دارای قابلیت انعطاف بالا و توانایی تغییر در صنایع تولیدی را دارا می‌باشد و اجازه انجام بیشتر برشها را به کاربران آن می‌دهد

به گفته یکی از صاحبان و مالکان کارخانه ساخت این دستگاهها :

((این تکنولوژی با قابلیت انعطاف پذیری بالا در انجام برش ها و ارائه بهترین تکنولوژی در اقتصاد و تجارت و صنعت ، نتایج دلخواه و مورد نظر ما را با قابلیت اطمینان بسیار حیرت انگیز ارائه مینماید.))

ساز و کار دستگاه :

عمده فعالیت‌های انجام شده در چها رده گذشته مربوط به ایجاد تکنولوژی فشار بسیار زیاد مورد نیاز این قبیل دستگاه‌های پیشرفته بوده است زیرا که برای برش فلزات باید آب مصرفی با فشار بسیار زیاد تنظیم شود و تحت فشار قرار گیرد تا بتواند یک جریان برش بسیار قوی را برای برش ایجاد نماید . این پروسه ها فقط برای دو مورد زیر قابل اجرا میباشد :

- آب مصرفی

- جت مواد ساینده

سازوکار واتر جت از یک باریکه آب، با سرعت بالا که یک ماده ساینده به منظور برش مواد سخت به آن تزریق شده ، تشکیل شده است . مخلوط آب و مواد ساینده یک بریدگی باریک را روی قطعه کار ایجاد می کند .

عنصر کلیدی در این فرآیند آب است که با سرعت ۹۰۰ متر بر ثانیه حرکت می کند و به هنگام برخورد این جریان به سطح قطعه کار ماده بر اثر نیروی آب به سرعت برداشته می شود.

اجزای تشکیل دهنده :

به طور کلی میتوان این دستگاه را به دو قسمت زیر تقسیم کرد:

۱-- سیستم کم فشار شامل موتور الکتریکی ، تانک ، لوله های فشار ضعیف و فیلترها .

موتور الکتریکی : از این موتور برای به حرکت درآوردن پمپ روغن استفاده می شود و معمولاً قدرتی در حدود ۷۵ Hp دارد .

تانک: برای جمع آوری آب و برگشت آب اضافه از آن استفاده می کنند.

لوله های فشار ضعیف: برای انتقال آب از تانک به پمپ و برای برگشت آب از سیستم به تانک استفاده میکند چون که این لوله ها تحت فشار نیستند پس میتوان جنس آنها را ضعیف در نظر گرفت.

فیلتر : برای جدا کردن ذرات ساییده از آب استفاده می شود. در ماشین کاری مواد ساییده با جت آب فیلتر کردن اهمیت کمتری دارد ولی در برشکاری با جت آب از اهمیت بیشتری برخوردار است , زیرا عمر نازل تا حدود زیادی , به تمیز بودن آب بستگی دارد. در دو قسمت از مدار فیلتر قرار می گیرد , یکی در مسیر ورودی آب به تقویت کننده , که محافظت لازم را از تقویت کننده به عمل می آورد. اگر از آب شهری که املاح معدنی دارد استفاده شود اهمیت تصفیه آب بیشتر می شود, زیرا آب شهری دارای کلسیم, آهن, سدیم و غیره می باشد که ته نشین می شوند. دقت این فیلتر ۰/۴۵ میکرون می باشد. دومین فیلتر بعد از انباره و در مسیر ورود به نازل قرار می گیرد.

۲-- سیستم پرفشار که شامل سیستم پمپاژ , لوله های فشار قوی , انباره (آکومولاتور) , سیستم تغذیه مواد ساییده (در AWJM) , شیر قطع و وصل و مجموعه نازل است .

سیستم پمپاژ:

این سیستم از دو قسمت تشکیل شده است: واحد هیدرولیک و قسمت تقویت کننده فشار.

واحد هیدرولیک:

شامل یک موتور الکتریکی و یک پمپ هیدرولیکی روغن است. پمپ روغن به موتور الکتریکی متصل است و انرژی خود را از طریق آن تامین می کند. پمپ روغن ، روغن را از منبع آن کشیده و فشار آن را افزایش می دهد.

پمپ روغن :

این پمپ برای بوجود آوردن فشار لازم بر روی روغن استفاده می شود و نیروی خود را از موتور الکتریکی گرفته و روغن را از مخزن روغن کشیده و به سیستم تقویت کننده می فرستد . این پمپ ها بیشتر از نوع دنده ای هستند . به دلیل اینکه بحث در مورد پمپ ها در حوصله این بحث نمی گنجد از توضیح در مورد آنها منصرف شده و تنها به عکس ها یی این پمپ ها اکتفا می کنیم . ولی این نکته قابل توجه است که هر پمپ یک سوپاپ اطمینان دارد که در صورت زیاد تر از حد مجاز شدن فشار بصورت یک فشار شکن عمل می کند .

تقویت کننده فشار :

چگونه فشار آب بسیار زیاد می شود ؟ پمپ روغن ، روغن را با فشار ۲۰۰ بار به داخل این سیستم می فرستد . روغن پمپ شده به طور متناوب روی دو طرف پیستون بزرگ عمل کرده و

موجب حرکت آن به چپ و راست می شود . زمانی که روغن از سمت چپ وارد سیلندر روغن می شود ، پیستون بزرگ به سمت راست حرکت می کند و این حرکت سبب جابجایی پیستون کوچک سیلندر آب به طرف راست می گردد و فشار منفی نسبی کمتر از فشار جو بوجود می آورد . فشار آب در نقطه ورود آب به سیلندر در حدود فشار جو است و اگر از پمپ برای هدایت آب استفاده شود ، کمی بیشتر از فشار جو خواهد بود . این اختلاف فشار موجب هدایت آب به داخل سیلندر می شود . شیرهای یک طرفه ی ساچمه ای تضمین کننده ی جریان مایع در جهت های مناسب و صحیح هستند . وقتی پیستون بزرگ به انتهای سمت راست سیلندر روغن برسد ، جهت جریان روغن تغییر می کند و روغن از سمت راست وارد می شود که این خود موجب رانش پیستون بزرگ به سمت چپ گشته و سبب جابجایی پیستون کوچک در سیلندر آب به طرف چپ و انتقال آب با فشار بسیار زیاد به بیرون می گردد. در ضمن پیستون کوچک در سیلندر آب طرف راست نیز به سمت چپ حرکت کرده و با ایجاد مکش ، آب را از ورودی سمت راست به سیلندر آب هدایت می کند . این روند با رفت

و برگشت پیستون بزرگ ادامه می یابد .

$$P = (A / A) P$$

P فشار خروجی آب

P فشار روغن

A سطح مقطع پیستون بزرگ (روغن)

A سطح مقطع پیستون کوچک (آب)

با استفاده از فرمول بالا اگر فشار روغن 20 Mpa باشد برای ایجاد فشار 400 Mpa بر روی آب ، یا باید سطح مقطع پیستون روغن 20 برابر پیستون آب باشد و یا دبی روغن 20 برابر دبی

آب باشد .

$$A / A = (D\pi/4) / (D\pi/4) = D / D$$

اگر قطر پیستون آب را ۱ cm و قطر پیستون روغن را ۷ cm در نظر بگیریم ، با فرض یکی بودن فشار روغن و فشار ورودی آب ، فشار نهایی آب تقریبا ۵۰ برابر بیشتر می شود . همان طور که در شکل دیده می شود چهار شیر یک طرفه در این سیلندر وجود دارد که مانعی بین قسمت های پر فشار و کم فشار است . جوری که دو شیر یکطرفه بالا از خروج آب جلوگیری می کنند و دو شیر یکطرفه پایین از ورود آب . این سیلندر فشار آب را تا ۴۱۵ Mpa بالا می برد .

انباره (Accumulator) : چون که سیستم تقویت کننده فشار آب بصورت دو طرفه کار می کند نمی تواند جریان یکنواختی را فراهم کند بنابراین آب پر فشار خارج شده از این سیستم در انباره جمع می شود تا یک جریان پیوسته و دائم را به نازل هدایت کند . آبی که به نازل می رسد نوسان کمتری دارد . (کمتر از ۵ درصد) در صورتی که بدون انباره این نوسانات به ۵۰ درصد هم می رسد . از طرفی آبی که در حدود ۴۱۵ Mpa فشار دارد ولی در حدود ۱۲ درصد تراکم پذیر است ، درصد این تراکم پذیری نسبت به تغییرات فشار تغییر می کند . ولی هنگامی که آب در انباره جمع می شود این درصد ثابت می ماند .

سیستم تغذیه مواد ساینده :

این سیستم باید یک جریان کنترل شده ی ذرات ساینده را به نازل برساند . این سیستم یک جریان از ساینده خشک را به نازل می رساند . این سیستم نیاز به تولید فشار زیادی ندارد ، زیرا فشار و سرعت آبی که در نازل وجود دارد ذرات ساینده را از مجرای خودش مکش می کند (دقیقاً مانند بالا کشیده شدن بنزین در کاربراتور موتور خودرو) . این سیستم نمی تواند ساینده های خشک را به طور مداوم در فاصله طولانی به نازل ارسال کند . اما اگر ساینده بصورت دوغ آب در آمده باشد یعنی آب و ساینده قبل از رسیدن به نازل با هم مخلوط شوند ، این مشکل برطرف می شود .

نازل:

جهت تبدیل مایع فشار قوی به جت با سرعت زیاد به کار می رود. در کل نازل دو وظیفه دارد:

۱-- مخلوط کردن جت ساینده و آب

۲-- تشکیل یک جت آب ساینده با سرعت بالا.

نازل یک جریان همگرا در دهانه خود بوجود می آورد. اگر فرآیند بدون مواد ساینده باشد خوردگی نازل از اهمیت کمتری برخوردار است. ولی در فرآیند ماشین کاری با مواد ساینده این موضوع اهمیت بیشتری پیدا می کند. جنس دهانه نازل از یاقوت کبود (نوعی جواهر صنعتی) ، تنگستن کارباید و یا برن کارباید ساخته می شود.

البته می توان از الماس هم استفاده کرد که کارایی بیشتری دارد ولی به دلیل گرانی از آن در موارد خاص استفاده می شود

یک مجموعه کامل نازل و اترجت حدود ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ دلار می باشد در صورتی که نازل جت سازنده حدود ۸۰۰ تا ۲۰۰۰ دلار هزینه در بر دارد.

در بیشتر موارد دو نوع نازل وجود دارد :

۱- نازل با یک جت و تغذیه کناری

۲- نازل با چندین جت و تغذیه مرکزی

۱) در این نازل آب از وسط نازل و مواد ساینده از کنار با جت آب مخلوط می شوند .

مزیت ها : هزینه ساخت کمتر ، برای برش جاهای پر پیچ و خم و دور از دسترس مناسب

است، ساخت آن آسان تر است .

معایب : راندمان مخلوط شدن بهینه ای را فراهم نمی کند و فرسایش سریعی در قسمت خروجی نازل بوجود می آید . زیرا ساینده از بغل تغذیه می شود.

(۱) در این نازل مواد ساینده از مرکز نازل وارد شده و آب از کناره ها بصورت یک حلقه ی همگرا ی آب با آن مخلوط می شود.

مزیت ها : عمر بیشتری دارد و مخلوط بهتری از ساینده هارا در جت آب ایجاد می کند .

معایب : تولید آن به دلیل زاویه همگرایی مشکل و پر هزینه است .

قطر سوراخ نازل بین ۰/۵ تا ۰/۰۷ میلی متر بوده و در موارد نادر این قطر به ۱ میلی متر هم می رسد . ولی هر چه قطر نازل بیشتر باشد برای فراهم کردن دبی مناسب جریان به موتور ها و پمپ های قوی و گران قیمت نیاز است و کمتر استفاده می شود . در عمل عمر مفید هر نازل در حدود ۲۰۰ ساعت از کارکردش می باشد . البته اگر تصفیه کردن آب به خوبی انجام گیرد (تصفیه با کیفیت بالا تر از ۴۵ / میکرون) ، عمر نازل نیز بیشتر می شود . و نیز اگر آب دی یونیزه هم شود عمر نازل باز هم افزایش می یابد ولی این روش بسیار پر هزینه است . اگر موارد بالا رعایت شود عمر نازل بین ۲۵۰ تا ۵۰۰ ساعت می شود .

ساینده ها :

جنس ساینده ها معمولا سیلیکون کارباید ، سیلیس و یا لعل است که بسته به جنسی که باید ماشین کاری شود انتخاب می شود . مواد ساینده پس از مصرف قابل بازیافت نیستند . اندازه ذرات ساینده معمولا بین ۱۵۰ تا ۱۰۰۰ است . نسبت حجمی آب و ذرات ساینده یک نقطه بحرانی دارد که اگر مقدار نسبت حجمی کمتر یا مساوی آن باشد بیشترین راندمان را داریم ولی با بیشتر شدن نسبت ذرات ساینده در آب راندمان پایین می آید .

طرز کار:

موتور الکتریکی نیروی خود را از برق شهر گرفته و نیروی لازم برای به حرکت درآوردن پمپ روغن را تولید می کند. پمپ روغن نیز با این نیرو شروع به چرخیدن کرده و روغن را از منبع روغن مکیده و فشار آن را بالا می برد. این روغن از طریق لوله های رابط به سیستم تقویت کننده می رسد. البته ممکن است این روغن قبل یا بعد از پمپ از یک فیلتر بگذرد. روغن به سیستم تقویت کننده رسیده و همان طوری که توضیح آن گذشت فشار آب را بالا برده و خود روغن مانند یک چرخه به هر دو طرف پیستون می آید. آب نیز قبل از رسیدن به تقویت کننده از فیلتر عبور می کند. آب خارج شده که دارای فشار زیادی است وارد انباره می شود. آب پر فشار از انباره وارد لوله های فشار قوی می شود و از یک شیر قطع و وصل گذشته و به نازل می رسد. نازل نیز همانند انژکتور موتور های دیزل کار می کند. یعنی با کوچک کردن سطح مقطع فشار و سرعت را بالا می برد. طبق رابطه ی ترمودینامیکی اگر دما را ثابت فرض کنیم $p v = p v \rightarrow p = (v / v) p$ پس می بینیم که اگر حجم را کم کنیم فشار خروجی به اندازه ی (v / v) برابر افزایش می یابد. از طرفی هم سرعت و فشار با هم متناسب هستند. پس افزایش فشار، افزایش سرعت هم در بر دارد. در این مرحله فشار آب ۴۰۰ Mpa و سرعت آن ۹۰۰ m/s است. در درون نازل برای همگرا کردن آب و مواد ساینده از یک سنگ گرانها استفاده می شود.

هنگامی می توانیم بگوییم ماشین کاری صورت گرفته است که فشار حاصل از آب و مواد ساینده بر نیروی بین مولکولی قطعه کار غلبه کند. نازل برای برشکاری میتواند ثابت و یا متحرک باشد. در ضمن حرکت تجهیزات متصل به دستگاه دارای رنج و محدوده حرکتی متقاطع بین ۲ یا ۳ محور میباشند درست همانند محورهای متعدد و چندگانه رباتای صنعتی و برای این منظور نرم

افزارهاي CAD/CAM با كنترلرها و تنظيم كننده هاي CNC تركيب ميشوند تا بتواند نقشه ها و طرحهاي مورد نظر را به مسيرهاي برنامه ريزي شده ديجيتالي قابل فهم براي ماشين تبديل كند تا عمليات برشكاري توسط كله گي سيستم اجرا گردد.



فواید water jet cutting :

يكي از برترين فوايد و مزايای water jet cutting اين است كه ذاتاً داراي خاصيت برشكاري سرد ميباشد و ايجاد حرارت نمي كند .

كه همين خاصيت به مواد اجازه برش ميدهد در صورتيكه در ساير روشهاي برشكاري يا مواد مي سوزند و يا ذوب شده ويا اينكه ترك بر مي دارند .

درضمن بعضي از فرآيندهاي حرارتي سبب تاب برداشتن و سخت شدن سطح قطعه گشته و يا اينكه موجب ساطع شدن گازهاي خطرناك از جسم ميشود .

در مواد متضاد و مقابل هم که توسط واتر جت برش میخورند بنا به همین مزیت هیچ گونه تنش حرارتی را تحمل نمی کنند و هر گونه نتایج ناخوشایند را از آنها دور میسازد .

برشکاری سرد میتواند بر مناطقی که دچار سختی نشده اند تأثیر گذاشته و می تواند در هر سمت وجهتی عملیات سوراخکاری و یا برشکاری را انجام دهد .

این روش می تواند بدون ایجاد سوراخهایی اولیه برای انجام عملیات سوراخکاری اقدام به انجام عمل سوراخکاری در هر نوع ماده و قالب ویژه وحتی در فواصل بسیار نزدیک به هم نماید و هیچگونه احتیاجی به انجام عملیات ثانویه یا نهایی بر روی قطعه نمی باشد .

کمتر تجهیزاتی میباشد که حافظ محیط زیست بوده و کمترین گرد و غبار را در محیط انتشار دهند .

و یا مانع از ساعت شدن گازهای خطرناکی که در حین فرایندهای تنشی به علت این تنشهای آزاد ایجاد میگردد شوند . در صورتیکه در واتر جت تمامی این موارد رعایت و اعمال میشود .مثلا ماشین کاری آسبست تولید دود خطرناکی میکند که برای کاربران عوارض خطرناکی دارد، ولی در این روش هیچ گونه خطری متوجه کاربران نیست. همچنین این روش صداهای ناهنجاری که شنیده نمی شوند ولی روی اعصاب تأثیر منفی می گذارند را تولید نمی کند(مانند امواج با فرکانس های بالا که توسط ماشینکاری التراسونیک تولید میشود) .محدوده شنوایی انسان حدود ۲۰ هرتز تا ۲۰ کیلو هرتز است ولی در التراسونیک امواجی با فرکانس ۲۰ کیلو هرتز به بالا تولید می کند.

علاوه بر اینها ماشینهای یکپارچه ای میباشد که باعث صرفه جویی در استفاده از مواد خام و اولیه می گردند .

می توانند برشهای عرضی بسیارکوچک ایجاد نمایند و یا در برشهای تو در تو وپیچیده مورد استفاده قرار گیرند .

بسیار سریعتر از ابزارهای برش معمولی می باشند .

از دیگر فواید آنها توانایی انجام برش بر روی رشته های بسیار محکم از فلزات ، مواد صیقلی ، و یا با سطح ناهموار و لایه های متفاوت جمع شده می باشد .

پس از آنکه فرایندهای مکانیکی بر روی سطوح ذره بینی اتفاق افتاد سطوح مورد نظر با موادی که دارای عوامل خطر را نمی باشند کامل میگردد.

انرژی جنبشی در واتر جت باعث تغییر شکل در اجسام شده و همین انرژی سبب ایجاد سوراخ با درستی و صحت بالا در اجسام میشود ، بدون باقی گذاشتن لبه ، تراشه یا پوسته ای بر روی آنها .

این فرایند بسیار عالی بوده و دارای کیفیت سطح بسیار بالا با لبه هایی عالی می باشد که در بسیاری موارد احتیاج ما را به فرایند تمام کاری رفع می نماید .

واتر جت در تولید اجسام و طرحهای پیچیده بسیار باصرفه میباشد و مواد می توانند در فئال نزدیکی از هم برش بخورند .

همچنین ایجاد گوشه های تیز و اریب و سوراخهای شکافدار و شکلهایی با گوشه های شعاع بسیار کوچک امکان پذیر می باشد .

همچنین انجام عملیات بر روی مواد روی هم قرار گرفته ، چندین قطعه ای ، و عملیات تو در تویی مواد کردن را به معنای واقعی در کمترین زمان برش می دهد .

واتر جت همچنین محافظ محیط زیست می باشد و فرایندی پاک و تمیز می باشد و تولید تراشه و خرده های فلزی و گازهای خطرناک نمی نماید.

همچنین به مواد روغنی و محلولهای خنک کننده در طول فرایند نیازی نمی باشد .

در جهان امروزی با وجود قیمت بالای مواد اولیه و وجود منابع محدود ، انجام برشهای کوچک وچاکدار و یا برشهای عرضی و انجام عملیات تو در تویی بر روی قطعات امکان بهینه سازی مصرف مواد اولیه را برای ما همراه با افزایش سود آوری فراهم می سازد .

با استفاده از آب خالص امکان برش پارچه ، مواد الاستیکی (elastomers)، مواد غیر بافته (non-wovens)، مواد پلاستیکی و پلیمرهای نازک ، محصولات غذایی و بسیاری تولیدات دیگر وجود دارد .

با سرعتی چند صد برابر حالتی معمولی در دقیقه .

با افزایش مواد ساینده میتوان مواد بسیار سخت همانند فلزات ، سنگ ، شیشه های گلوله ای شکل ، سرامیکها و غیره را براحتی برش داد .

مواد ضخیم نیز میتوانند براحتی در سیستمهای سایشی و اثر جت مورد استفاده قرار گیرند .

برش و یا سایش فلزات قطور نیز از دیگر فواید و مزیت‌های تکنولوژی و اثر جت می باشد .

با تنظیم و سازگاری بین دهانه یا نازل برش و قطر دهانه کانونی مجرای برش و همچنین کمیت و نوع مواد سایشی مورد استفاده می توان به بالاترین تأثیر برشی مورد نظر دست یافت

و اثر جت با چه سرعتی کار میکند و در این سرعت و درستی خود را چگونه حفظ مینماید ؟

سرعت کار و همچنین صحت انجام آن بستگی به ساختار ماده ، ضخیم بودن ، کیفیت مطلوب برش ، و اثرهای مورد استفاده در یک دستگاه و اثر جت دارد که با قابلیت حرکتی که دارد اجازه حرکت بین ۱/۰ تا ۳۰۰۰ اینچ در هر دقیقه را میدهد .

تکنیکهای اتوماتیک (Technic-Automation) سخت افزارهایی را پیشنهاد میکند که سرعت برش را برای طیف وسیعی از فلزات محاسبه نماید .

سرعت برش با چند فاکتور تعیین می شود از جمله کیفیت ساختمانی لبه تحت برشکاری و ... که در این میان مقدار مواد سایشی مورد استفاده ، فشار برش ، اندازه روزنه نازل و کانون مجرای برش ، قدرت پمپهای فشار و ... میتواند نتیجه مطلوب و مورد نظر ما را ایجاد نماید.

حرکتهای پیچیده بیشتر (۵ محوره - روباتیک - باتریهای اضافی - پره های برش متقاطع و) و یا مواد دستی دیگر دارای قیمتهای بالاتری میباشند .

۳- چگونه water jet cutting می تواند اجسام ضخیم و قطور را برش دهد ؟

بستگی به سطح یا سختی مواد مورد برشکاری دارد که در رنجی میان ۰.۲۵ تا ۳۰ اینچ تغییر میکند .

مواد سخت معمولاً در رنج بین ۰.۲۵ تا ۲.۵ اینچ برش می خورند .

و این مطلب به این معنی نمی باشد که فولاد یا سنگی با ضخامت ۴ یا ۵ اینچ نمی تواند برش بخورد بلکه تمام آن بستگی به فشاری که برش اعمال میکند ، دارد .

۴- میزان فشار آب مورد نیاز چه میزان میباشد و این سیستمها به چند صورت میباشند ؟

مقدار فشار بستگی به شرایط مصرف کننده و نوع مواد مصرفی می باشد و همچنین موارد دیگر مانند تعداد پمپها و نازلهای مورد استفاده نیز تأثیر گذار میباشد .

اینگونه سیستمها بنا به نیاز مشتری و اینکه در کجا مورد استفاده قرار میگیرند (کارخانه ، آزمایشگاه ، و ...) می توانند قابل حمل و یا ثابت باشند .

کیفیت برش سطح با فشار بیشتر قطر جت و با کاهش سرعت جابجایی بهتر می شود، که با این حالت می توان اجسام چگالتر و با ضخامت بیشتر را نیز به خوبی برش زد.

از واتر جت همچنین جهت پلیسه گیری و برداشتن ناصافی های سطح نیز می توان استفاده کرد.

-

چند سوال:

با سرعت و فشاری آب در داخل لوله های رابط و نازل دارد، طبق رابطه رینولدز

چرا آب دچار اختشاش نمی شود؟ (فشار 415 Mpa و سرعت 900 m/s)

با بسته شدن شیر قطع و وصل چرا ایجاد چکش آبی نمی شود؟

با سرعت زیاد که آب دارد (دو برابر سرعت صوت) چرا صدای نا هنجار شکسته شدن دیوار

صوتی شنیده نمی شود؟

متغیرها :

عواملی که در عملکرد این فرآیند تاثیر دارند عبارتند از : آب (دبی و فشار) ، ساینده ها (نوع ، اندازه و دبی) ، نازل جت ساینده (طرح) ، عوامل برش (نرخ تغذیه و فاصله نازل تا قطعه کار) ، تعداد مراحل کاری و جنس قطعه کار . همچنین دیگر پارامتر ها عبارتند از : قطر لوله مخلوط کن و طول آن ، زاویه برش ، سرعت و حرکت .

آب : این شکل رابطه بین عمق برش و فشار جت را برای دو نازل با قطر های مختلف نشان می دهد .

کمترین فشار PC ، فشار بحرانی یا فشار آستانه نام دارد و مفهوم آن این است که در فشاری پایین تر از آن ماشین کاری اتفاق نمی افتد به عبارت دیگر حداقل فشار برای عمق ماشین کاری است . هنوز هیچ ارتباطی بین فشار بحرانی و خواص مواد به دست نیامده است . از فشار آستانه هر چه بالا تر رویم عمق ماشین کاری نیز بیشتر می شود ولی نرخ سایش نازل و هزینه نگهداری پمپ بالارفته و راندمان حجمی را کاهش می دهد ولی فشار را تا بیشتر از حد مجاز نمی توان بالا برد . دبی آب نیز کمتر از 12 lit/min است . اگر فشار نازل را ثابت نگه داریم و لی قطر و نرخ جریان آب را بالا ببریم ، عمق برش نیز بالا می رود .

ساینده ها :

عمق برش با دبی ساینده متناسب است . ولی در ساینده نیز مقدار بحرانی وجود دارد که بیشتر از آن عمق ماشین کاری را کاهش خواهد داد . همچنین افزایش دبی ساینده نرخ فرسودگی نازل های مخلوط کننده را افزایش می دهد . اندازه ی ذرات ساینده معمولا بین $150 - 100$ تغییر می کند . البته هر ماده یک اندازه ذرات بهینه دارد . اگر اندازه ذرات متفاوت بوده و تعداد مراحل کاری بیشتر شود ، تاثیر ذرات ساینده بر عمق برش تقریبا حد اکثر می شود .

نازل جت ساینده : اگر هدف برش کاری مواضع پر پیچ و خم و دور از دسترس باشد ، از نازل با یک جت آب و تغذیه ی ساینده از کنار استفاده می شود .

عوامل برش : کاهش سرعت حرکت ، عمق ماشین کاری را بالا می برد . ولی اگر سرعت حرکت از یک مقدار هم کمتر شود افزایش چندانی در عمق برش ندارد . افزایش فاصله ی نوک نازل تا قطعه کار ، عمق ماشین کاری را به سرعت کاهش می دهد ، زیرا هنگامی که آب با فشار از نوک نازل خارج می شود (در فاصله کمی بیشتر از حد مجاز) ، آب به صورت ذرات ریزی درآمده که نمی توانند مواد ساینده را حمل کنند و مواد ساینده بیه صورت آزاد درمی آیند و هنگامی که به سطح قطعه کار برخورد می کنند ، بر می گردند که این برگشت ، باعث کاهش عمق نفوذ می گردد . یک فاصله ی مجاز برای این کار وجود دارد که بالا تر از آن ماشین کاری صورت نمی گیرد . در نتیجه هر چه این فاصله کمتر باشد عمق ماشین کاری بیشتر است ف زیرا آب خارج شده از نازل با یک زاویه ی مشخص (حدود ۷ درجه) به صورت واگرا می شود . و هر چه ای ن فاصله کمتر باشد عرض برش نیز کمتر است . (یعنی با شیار کوچکتر می توان ماشین کاری کرد)

تعداد مراحل کاری :

برش کاری چند پاسه را می توان به دو روش زیر انجام داد :

(۱) یک جت آب با چند پاس

(۲) چند جت آب پشت سر هم با یک مرحله کاری

مشخص است که با زیاد شدن مراحل کاری ، شیب منحنی هم زیاد می شود . ولی این پارامتر هم مقدار بهینه ای دارد .

مزایا :

- ۱) چون ابزار مکانیکی نیست ، ابزار نه کند می شود نه هزینه تیز کردن دارد نه اتلاف وقت تعویض ابزار
 - ۲) عرض برش خیلی کم است (یکی از کمترین عرض برش ها)
 - ۳) این سیستم براحتی قابل اتوماتیک شدن است و می توان این سیستم را طوری طراحی کرد که تازل به یک بازوی رباتی متصل شود .
 - ۴) این فرآیند دود و غبار تولید نمی کند . مخصوصا برای ماشین کاری موادی که بوی بد و سمی دارند مانند آزبست و برخی آلیاژها
 - ۵) سرعت برش خیلی بالاست و می توان با آن براحتی سری کاری کرد
 - ۶) چون که حرارتی تولید نمی شود، HAZ (Heat Affect Zone) هم نداریم و تولید تنش های پس ماند در قطعه کار نمی کند و تغییرات متالورژیکی روی منطقه ماشینکاری بوجود نمی آید و عملیات حرارتی بعد از ماشینکاری بر طرف می شود.
- برای اغلب کارها نیاز به فیکسچر خیلی ساده ای نیاز است
- شما می توانید از مواد ساییده شده قرمز رنگ که از garnet بجای مانده است جهت تزئین باغچه استفاده کنید

به اشتباه خیال می‌شود که عمر نازل خیلی مهم و حساس است و این در حالی است که عمر قسمت نازل دستگاه اهمیت آن چنانی ندارد و آنچه که مهم است عمر تیوپ مخلوط کننده موادساینده بآب است.

سوراخ یا jewelها ارزان هستند و اصلاً قابل قیاس با تیوپ اختلاط نمی‌باشد. Jewelها تقریباً ارزان و حدود ۱۵ تا ۵۰ دلار می‌باشند و این در حالی است که قیمت تیوپ مخلوط‌کننده ۱۰۰ تا ۲۰۰ دلار می‌باشد.

Jewelها را می‌توان در مدت زمان کوتاهی در حدود ۲ تا ۱۰ دقیقه تعویض نمود. همچنین قیمت بالایی نداشته و حدود ۵ تا ۵۰ دلار می‌باشد

معایب:

- (۱) این فرایندها برای مواد خیلی سخت و فلزات مناسب نیست
- (۲) چون که این فرایندها با فشار و صدای بالا همراه است باید مسیلهای ایمنی را رعایت کرد
- (۳) تجهیزات این سیستم گران قیمت است
- (۴) برشکاری مواد ترد با کمی مشکل همراه است (شیشه ها در حین ماشین کاری کدر می شوند و مواد ترد ممکن است ترک بخورند .
- (۵) چونکه آب عامل اصلی برش کاری است قبل از بکار گیری آب باید آن را آماده کرد .

یکی از محدودیت جت‌آب نازل‌های آن می‌باشد. Jewel (قسمت نازل یا دهانه خروجی آب است که از جنس لعل یا یاقوت می‌باشد) دارای سوراخ بسیار ریزی بوده که آب با فشار از آن به بیرون پاشیده می‌شود. Jewel ممکن است ترك برداشته و یا در اثر رسوب در آن مسدود شود. رسوبات در اثر مواد معدنی موجود در آب نیز ممکن است پدید آید.

- ثبات فشار پمپ

تغییرات در فشار پمپ و اترجت می‌تواند باعث ایجاد اثراتی بر روی قطعه نهایی گردد. بنابراین لازم است که در حین انجام عملیات طوری برنامه‌ریزی گردد که تغییرات فشار پمپ به حداقل رسیده تا از ایجاد اثرات نامطلوب بر قطعه کار جلوگیری شود و این موضوع بخصوص در مواردی که تلرانس مورد نظر در حدود $0/127$ mm باشد، رعایت این مسئله الزامی است پمپ‌های قدیمی‌تر اغلب بیشتر باعث بروز چنین مشکلاتی می‌شدند ولیکن پمپ‌هایی که با استفاده از سیستم میل‌لنگ کار می‌کنند باعث توزیع فشار یکنواخت‌تر و منظم‌تر می‌گردند.

اضافه ها:

. فشار اب (P_w) را می توان از معادله زیر تعیین کرد : $P_w = (P_0 * A_0)/A_w$ که p_0 فشار روغن , A_0 مساحت پیستون روغن و A_w مساحت پیستون اب است .

برای اینکه اب دارای فشار زیادی است قطعاً متلاطم خواهد شد، برای جلوگیری از این امر در این دستگاه از یک آکومولاتور استفاده می شود. آکومولاتور یک مخزن تحت فشار برای ذخیره سازی اب با فشار بالا به منظور تامین جریان خروجی اب با فشار یکنواخت است . اب با فشار بالا از طریق لوله ها و اتصالات محکم و مقاوم در برابر فشار بالا به نازل منتقل میشود. یک شیر کنترل نیز تعبیه شده که امکان قطع و وصل جریان اب را، هم به صورت دستی و هم به صورت اتوماتیک فراهم می کند.

- در مقایسه بین **water jet cutting** و سایر روشهای برش چه چیز منحصر به فردی وجود دارد ؟
cutting water jet دارای قابلیت انعطاف بسیار بالایی می باشد و قابل انطباق در ساخت و تولید امکانات مورد نیاز برشکاری میباشد . یکی از مالکان و بازرگانان **water jet cutting** می گوید که باعث ایجاد انعطاف بسیار بالا و تکنولوژی مطلوبی در حرفه و کار ما گردیده و نتایج و اهداف کاری ما را با قابلیت اطمینان بسیار شگفت انگیز برقرار میسازد .

محیط طبیعی سرد آب باعث میشود که موادی که تحت برشکاری قرار میگیرند اثرات گرمایی از خود نشان ندهند و بدین سبب از تولید گازهای خطرناک در فرایند تولید کاسته میشود .

علاوه بر آن دارای تکنولوژیهای زیر میباشد که سایر روشها چنین چیزی را نمی توانند ادعا کنند .

- مواد شکننده را مثل شیشه و سنگ به آسانی برش میدهد .

- پلاستیکها را بدون ظاهر شدن نشانه هایی از گاز و بخارات خطرناک برش میدهد .

- قادر به سوراخکاری مواد بدون انجام سوراخکاری اولیه می باشد .

- با برشهای عرضی و چاکدار کوچک در حفظ مواد اولیه و عدم پرت آنها موثر میباشد

- مواد ترکیب شده را بدون هیچگونه عکس العملی تحت برشکاری قرار میدهد .

- و سایر موارد دیگر ۶- چند نوع از مواد میتوانند توسط **water jet cutting** برش بخورند ؟

یک سیستم **water jet cutting** می تواند هر نوعی از مواد اعم از نرم یا سخت ببودن آنها مورد برشکاری قرار دهد . و تنها به موارد زیر محدود نمی شود :

تیتانیوم / فولاد / آلومینیوم / مهمات / آلیاژهای جدید / کامپوزیتها / سنگها / سنگهای مرمر / کاشی های کف / شیشه / قطعات خودرو / دربها / واشرها / فومها / رزینها / عایقها / پارچه / مواد غذایی و بسیاری دیگر ...

مواد نرم تنها بوسیله آب برش میخورند در صورتیکه برای برش مواد سخت ما احتیج به جریان ا زمخلوط آب و ذرات بسیار ریز سایشی که از مواد ساینده سنگی تشکیل شده ، داریم .

۹- آیا **water jet cutting** تمامی مواد ما را برش میدهد ؟ و چه محدودیت هایی برای آن وجود

دارد ؟

لیست زیر انواع موادی را که بطور نمونه دارای کاربرد خوبی در سیستمهای water jet cutting می باشند را بیان میکند :

- چوب معمولاً دارای کاربرد خوبی نمیشود ، زیرا آب را در خود جذب میکند و باعث ترك دار شدن و باز شدن سطح قطعه کار می شود

- بسیاری از پارچه ها نیز خوب بریده نمیشوند و بدلیل فشار جریان برشی باعث تاب برداشتن آنها میشود .

- یکی دیگر از کاربردهایی که با اینگونه سیستمها ناسازگار میباشد در لوله ها میباشد ، به طور کلی هر ماده ای که تحت برش قرار بگیرد و برش از يك لایه گذشته و به يك مكان خالی برسد و دوباره به لایه دیگر ، این امر باعث کیفیت بد در لایه های دیگر میشود و باعث ضعف در آنها میگردد .

برش واتر جت : از این روش برای برش انواع مواد فلزی و غیر فلزی استفاده می شود. برخی از ویژگی های برش با واتر جت عبارتند از:

مناسب برای برش مواد ترد و شکننده. موادی مثل بعضی از انواع سنگ ها را که نمی توان با تیغه های برشی برید، می توان از طریق واتر جت به سهولت برش داد.

دقت مناسب. برش واتر جت در مقایسه با برش پلاسما دقت بالاتری دارد. اما دقت برش آن در مقایسه با برش لیزری یا بعضاً در مقایسه با برش توسط فرزهای CNC کمتر است .

مناسب برای برش مواد آسیب پذیر در برابر حرارت. برخی از مواد مثل بعضی از پلاستیک ها یا لاستیک ها را نمی توان با لیزر برش داد، زیرا حرارت باعث ایجاد شعله شده یا کیفیت برش مناسب نخواهد بود. در این موارد، واتر جت می تواند گزینه مناسبی باشد.

مناسب برای برش عمیق. در مواردی مثل برش ورقه های ضخیم یا چند لایه فلزات یا برش تخته های سنگی که عمق برش زیاد است ، لیزر یا فرزهای CNC یا حتی برش پلاسما نمی توانند گزینه انتخابی باشند.

مقطع برش صاف. در مواردی که عمق برش متوسط یا کمی زیاد می شود، دستگاه های لیزر مقطع برش چندان خوبی به دست نمی دهند، زیرا پرتو لیزر به سرعت واگرا می شود و در نتیجه مقطع برش کج در می آید. اما برش واتر جت، مقطع برش صافی به دست می دهد.

- کاربردهای water jet cutting :

۱- کاربردهای فضایی :

- بدنه تیتانیومی برای سفینه های فضایی
- عناصر تشکیل دهنده موتور آنها (آلومینیوم ، تیتانیوم ، آلیاژهای مقاوم در برابر حرارت)
- قسمتهای آلومینیومی بدنه آنها
- تابلوهای داخلی کابین

۲- کاربرد در خودروها و ماشین آلات :

- لبه های درونی قسمتهای مختلف (سرسیلندرها ، پوشاننده ها ، بدنه کشتیها ، صفحات دستگاهها و درها)

- اجزای قطعات فایبرگلاس (مدلهای وابسته به ماشین آلات) ، عایق کاری ها ، دیواره های ضد آتش ، درپوشها و ...

- فومها

- بوش سیلندرها

- ضربه گیرها و سپرها

۳- الکترونیک :

- مدارهای چاپی

- لخت کردن پوشش سیمها و کابلها

۴- محصولات فوم :

- بسته بندیهای فومی

- بدنه داخلی اتومبیلها (ترکیبات دربها - تابلوهای دستگاهها و ...)

- فومهای بادانسیته بالا (عایقهای صوتی ، عایقهای لرزشی ، سیبلیهای تیراندازی و...)

۵- مواد غذایی :

- فرایند گوشتها (ماهی یخ زده ، پوست کندن یا قطعه قطعه کردن گوشت مرغ و)

- برش سبزیجات (کرفس - قارچ و ...)

- تولید کیک و استیک

۶- فایبرگلاس :- عایقکاری خانه ها

- پنلهای عایق کاری (برای مثال ورقهای بریده شده به ابعاد ۸*۴ برای استفاده های خاص)

- بدنه قابها

- بدنه و اترکرافتهای خصوصی

۷- واشرها :

- در خودروها / تفنگهای آبی / موتورهای کوچک / موتورسیکلتها / هواپیماها و ...

- فلزات : مس / تفلون / لایه های فلزات و فایبرگلاس

- رزینها - چوب پنبه ها و ...

۸- فلزات نامتعارف و مواد غیر سنتی :

- قنداقهای تفنگ (از جنس آلومینیوم / فولاد ضد زنگ / فولاد نرم / تیتانیوم / ...)

- سرامیکها (خام و پخته)

- پلیمرهای مصنوعی

- موم

- پلاستیکها (با چگالی پائین و بالا)

- پلاستیکها رزین

- اکریلکها

۹- مهمات غیر نظامی :

- سلاحهاي شيميايي

- مواد با قابليت انفجاري بالا

۱۰- کارهاي فلزي / سنگي / شیشه اي :

- سنگفرشکاري ، جدولکاري ، ديوارچيني

کارهاي فلزي (روشنايي هاي ويژه / موزه هاي نقاشي / پارکهاي ويژه و ...)

- کاشي کف (ساخت و برش آنها)

- شیشه هاي تخت با خطوط بيشمار

- سنگهاي نما (کف استخرها / سنگها قيمتي و ...)

- شیشه هاي لکه دار (مثل شیشه هاي معرق کليساها / حبابهاي چراغها و ...)

11- پارچه ها :

- لايه هاي زياد از پارچه بر روي هم

- حروف روي لباسهاي ورزشي

- عمليات برشکاري

- پارچه هاي گل دار و

وبسياري کاربردهاي ديگر

موارد استفاده جت آب:

- برش تخته های مدار چاپی
- حک نمودن روی شیشه و سرامیک
- تراش کاری مواد سخت



مزایای استفاده از واتر جت:

- ۱- واتر جت گرمای حاصل از براده برداری را کاهش می دهد.
- ۲- نیروی وارد بر قطعه کار کم است. بنابراین مقاطع ظریف یا شکننده را می توان براده برداری کرد.
- ۳- ناظر دستگاه را می توان به مواد غیر قابل دسترس و کوچک هدایت نمود.

معایب استفاده از واتر جت:

۱- نرخ کم براده برداری.

۲- امکان چسبیدن ذرات ساینده به سطح قطعه کار وجود دارد.

۳- وجود شیب در برشهای عمیق

ماشینکاری و صیقل دهی سایشی توسط سیال ساینده (Abrasive Flow Machining یا AFM) یکی از روشهای براده برداری نوین به شمار می آید که قابلیت های بسیار موثری در براده برداری جهت صیقل دهی سطوح، لبه ها و بخش های داخلی قطعات صنعتی را دارا می باشد و از این طریق می توان تلرانس های بسیار دقیق با کیفیت عالی پرداخت را ایجاد نمود. در AFM به منظور ماشینکاری از روغن هیدرولیک با غلظت متوسط که حامل مواد ساینده مانند کار بیدسیلیسیم و یا اکسید آلومینیم و ساینده های دیگر می باشد استفاده می شود. روغن و مواد ساینده تحت یک فشار معین با عبور از اطراف و یا داخل قطعه کار، سطوح و مناطق مورد نظر را پرداختاری می نمایند. از موارد کاربرد این تکنیک می توان به پرداختاری قطعات در صنایع هوا فضا، اتوموبیل سازی، قالب سازی فرآیندهای شیمیایی و صنایع پزشکی اشاره نمود. در این مقاله ضمن شرح طراحی و ساخت سامانه مخصوص این فرآیند که در دانشگاه گیلان انجام پذیرفته و نیز معرفی قابلیت های بسیار عالی این روش، تاثیر پارامترهای گوناگون مانند تعداد سیکل رفت و برگشت، غلظت مواد ساینده یا میزان این مواد، و سرعت حرکت سیال در سیستم بر روی کمیت براده برداری (MR) کیفیت سطح پرداخت و نمونه ها که از جنس آلومینیم و برنج می باشند بررسی و ارائه می شود.

منابع و مأخذ

جزوات دانشگاه صنعتی اصفهان

www.vwbroaching.com ●

www.plusonecorp.com ●

www.unl.edu ●

www.xactedm.com ●

.farhadkia.blogfa.com ●

www.mashtiali.net.ms ●

www.techjet.com ●