بررسی اثرات ارتعاشات التراسونیک بر صافی سطح و نیروهای ماشینکاری در فرزکاری

ارائه شده برای دریافت درجه کارشناسی ارشد

توسط:

پرویز سروی همپا

استاد راهنما:

دکتر محمد رضا رازفر

دانشکده مهندسی مکانیک

1388

شماره :
تاریخ :

فرم اطلاعات پایان‌نامه کارشناسی ارشد

دانشگاه صنعتی امیرکبیر
(پلی تکنیک تهران)

مشخصات دانشجو

نام و نام خانوادگی : پرویز سروی همپا **دانشجوروزانه**

شماره دانشجویی : 85126040 دانشکده : مهندسی مکانیک **رشته تحصیلی : ساخت و تولید**

نام و نام خانوادگی استاد راهنما / استادان راهنما: دکتر محمد رضا رازفر

عنوان به فارسی : بررسی اثرات ارتعاشات التراسونیک بر صافی سطح و نیروهای ماشینکاری در فرزکاری

عنوان به انگلیسی : An experimental investigation of ultrasonic vibrations effects on surface roughness and cutting forces in milling

نوع پروژه : کارشناسی ارشد **کاربردی** ☐ **بنیادی** ☐ **توسعه‌ای** ■ **نظری**

تاریخ شروع : 86/7/1 **تاریخ خاتمه : 88/2/28** **تعداد واحد** 6

سازمان تأمین کننده اعتبار : معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی امیرکبیر

واژه های کلیدی به فارسی : ارتعاشات التراسونیک، فرزکاری، المان محدود

واژه های کلیدی به انگلیسی : ultrasonic vibration, milling, finite element

---

نظرها و پیشنهادها به منظور بهبود فعالیت‌های پژوهشی دانشگاه :

استاد راهنما / استادان راهنما : دکتر محمد رضا رازفر

دانشجو : پرویز سروی همپا امضا استاد راهنما : **تاریخ :**

نسخه 1) معاونت پژوهشی
نسخه 2) کتابخانه و به انضمام دو جلد پایان نامه به منظور تصفیه حساب با کتابخانه و مرکز اسناد و مدارک علمی

خلاصه

ماشینکاری سنتی مانند تراشکاری یا سوراخکاری به اندازه‌ای پیشرفت کرده اند که خود را به عنوان پروسه های تولیدی با کیفیت سطح بالا همراه با کمترین ایراد شکل تولید شده و مینیمم زمان ماشینکاری معرفی کرده‌اند. با وجود این به دلیل سایش ابزار و مقدار نیروی توالید شده در ماشینکاری سنتی قطعات دقیق و به خاطر نیاز به رسیدن به زبری سطح زیر میکرون روشهای سنتی قابل استفاده نمی باشند. طی تلاشی که برای کنار گذاشتن ایت محدودیتها ی روشهای سنتی انجام شده است، روش جدیدی تحت عنوان ماشینکاری به کمک ارتعاشات (VAM) بوجود آمده است. در VAM ابزار ارتعاش کننده ای به طور مداوم با قطعهد کار درگیر می‌شود و از آن جدا می‌شود. VAM میتواند به صورت یک بعدی، با ارتعاش در یک جهت، یا دو بعدی با مجموع ارتعاش در دو جهت، مستقل از حرکت ابزار انجام شود. در ده سال اخیر VAM نشان داده است که با این روش، نیروهای ماشینکاری کم می‌شود، عمر ابزار افزایش می‌یابد و کیفیت سطح بهتری به نسبت روشهای سنتی بر روی بسیاری از مواد ایجاد می‌شود. این در حالی است که مکانیزم این روش هنوز کشف نشده است.

این تحقیق از ارتعاشات التراسونیک در فرزکاری[1](UAM) فولاد معمولی در حالت یک بعدی استفاده می‌کند. در فرزکاری به کمک ارتعاشات فولاد معمولی، قطعه کار در جهت عمود به ارتعاش در می‌آید و ابزار انگشتی قطعه کار را ماشینکاری می‌کند و بطور همزمان نیروها و بعد از ماشینکاری صافی سطح در دو حالت UAM و CM^2 اندازهگیری می‌شوند. در نهایت نشان داده شده است که با بکار گیری UAM نیروها در مقایسه با روش سنتی کم می‌شوند و صافی سطح بهبود می‌یابد.

واژه‌های کلیدی: ارتعاشات التراسونیک، فرزکاری، المان محدود.

[1] Ultrasonic Assisted Machining
[2] Conventional Milling

فهرست مطالب

خلاصه.....ا

فهرست مطالب.....ب

فهرست اشکال.....ز

فهرست جداول.....ل

مقدمه.....م

1.فصل اول: مقدمه

1-1 پیشینه تاریخی.....1

2-1 نیاز امروز صنعت.....2

3-1 روشهای ابتکاری.....3

4-1 ماشینکاری به کمک ارتعاشات.....4

1-4-1 انواع سیستمهای VAM.....4

2-4-1 طراحی سیستمهای VAM.....5

5-1 نتایج حاصل از کاربرد ماشینکاری به کمک ارتعاشات.....11

1-5-1 افزایش عمر ابزار.....11

2-5-1 بهبود صافی سطح.....14

3-5-1 رژیم براده برداری نرم برای مواد ترد.....17

4-5-1 کاهش نیروها.....17

6-1 اهداف پروژه.....22

2.فصل دوم : ارتعاشات آکوستیکی، امواج، تولید، ارتعاشات التراسونیک و سینماتیک ماشینکاری به کمک ارتعاشات

2-1 فرزکاری.....24

2-2 ارتعاشات آکوستیکی.....25

2-2-1 آکوستیک.....25

2-2-2 بررسی نوسانگر ساده.....26

2-2-3 بررسی نوسانگر متاثر از جرم فنر (ارتعاش آزاد) 30

2-2-4 نوسانهای میرا.....31

2-2-5 نوسانهای اجباری.....33

2-2-6 امپدانس مکانیکی.....34

2-2-7 فرکانس تشدید مکانیکی.....34

2-2-8 توان.....35

2-2-9 ضریب کیفیت.....37

2-2-10 ارتعاش طولی میله‌های با مقطع یکنواخت.....38

2-2-11 ارتعاش طولی میله‌های با مقطع متغیر.....40

2-3 امواج.....42

2-3-1 امواج صوتی.....43

2-3-2 امواج طولی در سیستمهای ممتد.....44

2-3-3 انعکاس امواج طولی.....46

2-3-4 انتقال موج.....47

2-3-5 امواج طولی ایستاده.....50

2-4 روشهای تولید ارتعاشات التراسونیک.....51
2-4-1 انواع مبدلهای التراسونیک.....51
2-4-2 مبدلهای پیزو سرامیکی.....52
2-4-3 اثر پیزو الکتریک و خواص سرامیکهای پیزوالکتریک.....53
2-4-4 شکل هندسی عناصر پیزوالکتریک و پارامترهای مشخصه.....54
2-4-5 ترانسدیوسرهای پیزوالکتریکی مرکب.....61
2-5 سینماتیک ماشینکاری به کمک ارتعاشات.....63
2-5-1 VAMیک بعدی.....63
2-5-2 VAM دو بعدی.....65
3. فصل سوم : طراحی نگهدارنده قطعه کار به کمک المان محدود
3-1 شرایط کلی برای شکلبندی ابزار ، قطعه کار و مولد ارتعاشات التراسونیک.....67
3-2 مدلسازی مواد پیزوالکتریک در نرم افزار آباکوس 6.7-1.....68
3-2-1 کاربرد عملیات FEM.....68
3-2-2 نحوه وارد کردن اطلاعات مربوط به ماده پیزوالکتریک در نرم افزار آباکوس 6.7-1.....70
3-2-3 مراحل مدلسازی پیزوالکتریک در نرم افزار آباکوس 6.7-1.....74
3-3 شکلبندی کلی ابزار قطعه کار و مولد التراسونیک.....79
3-3-1 طرح اولیه..... 79
3-3-2 آنالیز فرکانسی ترانسدیوسر.....82
3-3-3 آنالیز فرکانسی ترانسدیوسر و فیکسچر.....87
4. فصل چهارم: ساخت قطعات آزمایشگاهی مورد نیاز
4-1 طراحی تفصیلی ساخت.....90

4-1-1 بد نگهدارنده.....90
4-1-2 قطعه استوانه‌ای.....93
4-1-3 گیره قطعه کار.....94
4-1-4 قطعه لاستیکی.....96
4-1-5 قطعه کار نمومنه تست.....96
4-2 مونتاژ مجموعه برای شروع تست.....97

5. فصل پنجم: تجهیزات، طراحی تست، نتایج بدست آمده از تست‌ها

5-1 تجهیزات آزمایشگاه.....100
5-1-1 دستگاه فرز.....100
5-1-2 ابزار فرز.....101
5-1-3 دستگاه التراسونیک.....102
5-1-4 مجموعه نگهدارنده قطعه کار.....103
5-1-5 دینامومتر.....104
5-1-6 دستگاه زبری سنج.....106
5-1-7 نمونه‌های آزمایش.....108
5-2 روش انجام آزمایشات.....109
5-3 بررسی صافی سطح بدست آمده از آزمایشات.....114
5-4 بررسی نیروی بدست آمده از آزمایشات.....120

6. فصل ششم: بحث و بررسی و نتیجه گیری و پیشنهادات

6-1 بحث و بررسی.....127
6-2 نتیجه گیری 130

3-6 پیشنهادات..... 131
منابع..... 133
پیوست الف..... 137
پیوست ب..... 153

فهرست اشکال

شکل1-1 ماشینکاری به کمک ارتعاشات: سمت راست دو بعدی، سمت چپ یک بعدی.....5

شکل1-2: طرح فرانهوفر.....6

شکل1-3: طرح دانشگاه برمن برای ایجاد ارتعاشات بیضوی رزونانسی نوک ابزار.....7

شکل1-4: طرح دانشگاه پوسان برای ایجاد ارتعاشات بیضوی غیر رزونانسی برای نوک ابزار.....8

شکل1-5: طرح دانشگاه کوبه ژاپن..... 9

شکل1-6: الف-شکل سمت راست عملکرد سیستم VAM دو بعدی غیر رزونانسی ساخته شده در دانشگاه کارولینای شمالی ب-شکل سمت چپ شکلبندی ابزار الماسه استفاده شده در شکل سمت راست.....10

شکل1-7: سیستم VAM دو بعدی غیر رزونانسی طراحی شده برای فرکانسهای بالاتر در دانشگاه کارولینای شمالی..... 10

شکل1-8: الف-شکل سمت راست مقایسه سطح تمام شد به در برابر طول برش و ب-شکل سمت چپ میانگین نیروی وارده به ابزار در برابر طول برش برای VAM یک بعدی و دو بعدی در ماشینکاری فولاد سخت شده با ابزار الماسه تک کریستال می‌باشد. 12

شکل 1-9: سایش در ابزار الماسه پلی کریستالین پس از ماشینکاری فولاد استنلس 304 به طول برش 300 متر، راست VAM یک بعدی، چپ سنتی.....13

شکل 1-10 مقایسه نیروها در ماشینکاری سنتی، VAM یک بعدی و دو بعدی.....18

شکل 1-11 مقایسه نیروی پیش بینی شده در مقابل نیروی اندازه‌گیری شده در VAM یک بعدی.....19

شکل 1-12 نیروی پیش بینی شده برای VAM یک بعدی تحت نهایی ترین شرایط در نظر گرفته شده در روش المان محدود.....20

شکل1-13 تصویری از مدل استفاده شده توسط شاموتو برای VAM دو بعدی.....21

شکل 1-14 بررسی جزئی شرایط هندسه برش در هر لحظه از زمان ماشینکاری بکمک EVAM.....22

شکل 2-1. نوسانگر ساده.....27
شکل 2-2 تاثیر جرم فنر بر نوسانگر.....30
شکل 2-3 موج طولی.....43
شکل 2-4 موج عرضی.....43
شکل 2-5 مدلی از امواج طولی در سیستم ممتد.....45
شکل 2-6 انتقال امواج مسطح از حد فاصل سه محیط.....48
شکل 2-7 توانایی پیزو الکتریکها در تبدیل انرژی مکانیکی به الکتریکی.....56
شکل 2-8 مدار معادل مبدلهای پیزوالکتریکی.....59
شکل 2-9پاسخ فرکانس و امپدانس پیزوالکتریک.....59
شکل 2-10 ترانسدیوسر ساندویچی.....62
شکل 2-11 VAM یک بعدی.....64
شکل 2-12 مسیر حرکت نوک ابزار در VAM دوبعدی.....65
شکل3-1: نمودارهای همگرایی معمول جوابهای المان محدود با افزایش تعداد المانها.....69
شکل3-2: شمایی از قسمت قطعه سازی نرم افزار آباکوس 6.7-1.....75
شکل3-3: چهار خصوصیت مورد نیاز نرم افزار آباکوس برای تعریف ماده پیزوالکتریک.....76
شکل3-4: دستگاه مختصات قرمز رنگ جهت ماده تعریف شده را نشان می‌دهد.....79
شکل3-5: اولین پیشنهاد برای نحوه قرارگیری ابزار ، قطعه کار و مولد ارتعاشات التراسونیک.....80
شکل 3-6: طرح شکلبندی قطعه کار و ترانسدیوسر بعد از حذف هورن.....81
شکل 3-7 المان استفاده شده در این تحلیل.....83
شکل3-8: نمودار تغییرات نتایج فرکانس رزونانس با کاهش اندازه المان.....83
شکل3-9: اطلاعات ابعادی و خصوصیات مواد بکار رفته در طراحی ترانسدیوسر 20 KHz.....84

شکل 3-10: شرایط مرزی اعمال شده به ترانسدیوسر.....85
شکل3-11: ترانسدیوسر پس از مش زنی.....86
شکل3-12: شکل مد 12 ترانسدیوسر تحلیل شده.....87
شکل3-13: مدل مش خورده مجموعه فیکسچر و ترانسدیوسر 20KHz.....88
شکل3-14: مجموعه فیکسچر و ترانسدیوسر طراحی شده برای فرزکاری التراسونیک.....89
شکل 3-15: مد 22 ارتعاشی طرح جدید فیکسچر.....89
شکل3-16: نمودار تغییر شکل در راستای جهت Y برای فیکسچر، محور افقی مسیر تغییر شکل در راستای Y و محور عمودی میزان تغییر شکل در راستای Y.....90
شکل 4-1 بد مجموعه نگهدارنده قطعه کار.....92
شکل 4-2 تصویری از بد در حین سنگ زنی.....92
شکل 4-3 قطعه کار استوانه‌ای برای اتصال قسمت بالایی به بد.....93
شکل 4-4 قطعه استوانه‌ای حین پیشانی تراشی.....94
شکل 4-5 گیره قطعه کار.....95
شکل 4-6 دمپر لاستیکی.....96
شکل 4-7 قطعه کار نمونه تست.....97
شکل 4-8 مدل مجموعه نگهدارنده قطعه کار.....98
شکل4-9 گیره و ترانسدیوسر که به آن بسته شده است.....98
شکل 4-10 سیستم طراحی و مونتاژ شده برای تست فرزکاری التراسونیک.....99
شکل 5-1 دستگاه فرز ساخت شرکت ماشین‌سازی تبریز.....100
شکل 5-2 ابزار انگشتی بکار رفته برای انجام تست.....102
شکل5-3 دستگاه التراسونیک استفاده شده در آزمایشات.....103

شکل 5-4 مجموعه نگهدارنده قطعه کار..... 104
شکل5-5 دینامومتر مورد استفاده در آزمایشات همراه با لوازم جانبی..... 105
شکل 5-6 تعریف Ra برای طول L..... 106
شکل 5-7 دستگاه زبری سنج استفاده شده در پروژه..... 107
شکل 5-8 صفحه کلید دستگاه اندازه گیری صافی سطح..... 108
شکل 5-9 نیروی بدست آمده از دستگاه دینامومتر برای راستای Y دستگاه..... 109
شکل 5-10 زاویه درگیری برای عرض درگیری 5 میلیمتر..... 110
شکل5-11 نیروی گرفته شده از دینامومتر..... 111
شکل 5-12 دستگاه زبری سنج در حین اندازه‌گیری زبری سطح نمونه تست..... 112
شکل 5-13 نمونه‌ای از پروفیل سطح بدست آمده از دستگاه زبری سنج..... 113
شکل 5-14 تغییرات میانگین صافی سطح با بکار گیری ارتعاشات التراسونیک..... 118
شکل 5-15 درصد بهبود صافی سطح در عمق 0.08 میلیمتر..... 119
شکل 5-16 درصد بهبود صافی سطح در عمق 0.2 میلیمتر..... 119
شکل 5-17 درصد بهبود صافی سطح در عمق 0.5 میلیمتر..... 119
شکل 5-18 کاهش متوسط نیروها در راستای X 121
شکل 5-19 کاهش متوسط نیروها در راستای Y..... 121
شکل 5-20 کاهش متوسط نیروها در راستای Z..... 122
شکل 5-21 تغییرات نیرو با و بدون التراسونیک برای عمق 0.5 میلیمتر و دور 800 rpm در پیشروی‌های مختلف در جهت X..... 123
شکل 5-22 تغییرات نیرو با و بدون التراسونیک برای عمق 0.08 میلیمتر و دور 500 rpm در پیشروی‌های مختلف در جهت Y..... 123

شکل 5-23 تغییرات نیرو با و بدون التراسونیک برای عمق 0.08 میلیمتر و دور 200 rpm در پیشروی‌های مختلف در جهت Z.....124
شکل 5-24 درصد کاهش نیرو در دور 200rpm برای پیشروی و عمق های مختلف در سه جهت اندازه‌گیری نیرو.....125
شکل 5-25 تغییر در صد کاهش نیرو در راستای Y در عمق 0.5 میلیمتر با تغییر دور ابزار و سرعت پیشروی 126

فهرست جداول

جدول1-1 نتایج بدست آمده برای صافی سطح با استفاده از VAM 16

جدول 3-1. اطلاعات شرکت TAMORA برای پیزوالکتریک PZT-SA..... 77

جدول 3-2: مشخصات مواد بکار رفته در ترانسدیوسر و فیکسچر که در نرم افزار مدل شده است..... 85

جدول 5-1 جدول پارامترهای بکار رفته در انجام تستها..... 113

جدول 5-2 نتایج بدست آمده برای زبری سطح بر حسب (µm) Ra برای دور 200 rpm..... 115

جدول 5-3 نتایج بدست آمده برای زبری سطح بر حسب (µm) Ra برای دور 500 rpm..... 116

جدول 5-4 نتایج بدست آمده برای زبری سطح بر حسب (µm) Ra برای دور 800 rpm..... 117

فصل اول

مقدمه

مقدمه

ماشینکاری دقیق[3] یکی از نیازهای جدید صنعت امروز است که تمامی ماشین‌آلات و ابزارهای جدید برای رسیدن به دقتهای بالا و افزایش کیفیت تولید از آن بهره می‌جویند. در حال حاضر برای ساخت بسیاری از قطعات صنعتی که مورد استفاده صنایع هوا فضا، صنایع دفاع و دیگر صنایع مهم و سطح بالا هستند باید روشهایی بکار برده شوند که بتوانند نتیجه مطلوب را در پی داشته باشند. بعنوان مثال برای ساخت ابزارهای اندازه‌گیری دقیق و یا ماشین آلات دقیق باید روش ساخت بگونه‌ای باشد که دقت ابعادی بالا، صافی سطح بالا و اثرات سطحی و زیر سطحی کمتر و غیره قابل حصول باشد در حالی که روش بکار رفته دارای صرفه اقتصادی باشد و قیمت تمام شد محصول کاهش یابد.

در بسیاری از روشهای ساختی از ارتعاشات التراسونیک[4] به عنوان ابزاری کمکی برای بهبود صافی سطح، کاهش نیرو، افزایش امکان تولید، افزایش عمر ابزار و در نتیجه کاهش هزینه، کاهش اثرات نامطلوب مکانیکی ابزار بر سطح حاصله و غیره استفاده می‌شود. در بسیاری از کارهای تحقیقاتی انجام شده اثرات پارامترهای ماشینکاری با بکارگیری ارتعاشات التراسونیک بر نتایج بهبود یافته همواره بررسی شده است و از نتایج بدست آمده بهره-برداریهای صنعتی به عمل آمده است.

تا کنون تحقیقات زیادی بر اثر ارتعاشات التراسونیک در فرزکاری[5] انجام نپذیرفته است. با توجه به اینکه دسته وسیعی از قطعات صنعتی به کمک این روش (فرز کاری) ساخته می‌شود لذا گسترش استفاده از ارتعاشات التراسونیک در این روش بسیار سودمند خواهد بود و در صورت پیشرفت در این زمینه امکان ساخت بسیاری از دستگاهها و ماشین آلات دقیق فراهم خواهد شد.

[3] Precision Cutting
[4] Ultrasonic vibrations
[5] Milling

این فصل به بررسی دلایل ورود ارتعاشات به ماشینکاری و کارهای انجام شده در این زمینه می‌پردازد. علاوه بر این در این فصل انواع سیستمهای به کار رفته در پیشینه تاریخی ماشینکاری به کمک ارتعاشات و فواید آنها با توجه به کاربرد و نوع نیاز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است و نظرات و پیشنهادات محققین بحث و بررسی شده است.

1-1پیشینه تاریخی

ماشینکاری دقیق[1] بعنوان روشی برای برشکاری مواد تعریف می‌شود که توسط آن تولید اجزاء اُپتیکی، مکانیکی و الکترونیکی با دقت ابعادی میکرونی و زیر میکرونی با صافی سطح چند ده نانومتری امکانپذیر می‌شود[1]. این روش برای اولین بار در اواسط دهه شصت در ایالات متحده با تحقیقاتی برای ماشینکاری دقیق فلزات بواسطه نیاز صنایع نظامی و تحقیقات هوا فضا انجام پذیرفت[1]. با وجود اینکه روش ماشینکاری دقیق بواسطه پیچیدگی‌های لاینفک صنایع نظامی، هوا فضا و موارد مشابه پا به عرصه تحقیقات گذاشته است، این روش پیچیده ساختی به علت نیاز بشر به توسعه تکنولوژی تولیدی تقریباً در تمامی روشهای ساختی ریشه دوانده است. به عنوان مثال می توان به ساخت قالبهای لنزها و یا آینه‌های غیر کروی با شکل هندسی پیچیده اشاره کرد که در تحقیقات پیشرفته نجومی و ماهواره‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرند.

یاتاقانهای هیدرواستاتیک با دقت چرخشی زیر میکرون جزء اولین قطعاتی بوده‌اند که به کمک تحقیقات انجام گرفته در این زمینه ماشینکاری دقیق شده‌اند[1]. با پیشرفت اجزاء ماشینهای سنتی (اسپندل، اجزاء اندازه گیری و غیره) و ظهور موتورهای خطی[2] در اواخر دهه هفتاد و مواد پیزوالکتریک[3] در دهه هشتاد امکان موقعیت دهی ابزار در ابعاد نانومتری و کنترل آن فراهم گشت[1]. علاوه بر گسترش ماشینها و اجزای آنها با پیشرفت

[1] Precision metal cutting
[2] Linear motors
[3] Piezoelectric

مواد جدید برای ابزارها و پیدایش ابزارهای الماسه مونو کریستالین[1] با لبه‌های تیز در ابعاد نانومتری، صافی سطح حاصله باز هم بهبود پیدا کرد[1].

با پیشرفت تکنولوژی و بهینه شدن آن در چهل سال گذشته در عرصه ماشینکاری دو روش ماشینکاری بیشتر از بقیه مورد توجه قرار گرفتند: تراشکاری، فرزکاری. از این دو روش ماشینکاری تراشکاری به علت سادگی و قابلیت کنترل راحتتر و شاید به علت قدمت بیشتر، نسبت به روش دیگر بیشتر بررسی شده است. اما با توجه به نیاز صنعت و تحقیقات به ساخت اشکال هندسی پیچیده‌تر و هندسه‌های غیر قابل حصول با تراشکاری پای تحقیقات به روش دوم یعنی فرزکاری بیش از پیش کشیده شده است.

2-1نیاز امروز صنعت

گسترش و پیشرفت تجهیزات ماشینکاری دقیق در سالهای اخیر تنها به بهبود کیفیت سطح متمرکز نشده است و به بقیه مسائل مربوط به ماشینکاری نیز پرداخته است. ماشینکاری قطعات میکرونی یکی از کاربردهای ماشینکاری دقیق است که علاوه بر نیاز به دقت سطح بالا به علت کوچکی قطعه شرایط خاص خود را می‌طلبد. با کاهش اندازه و افزایش پیچیدگی محصولات صوتی و تصویری، تقاضا برای ماشینکاری دقیق رو به افزایش است[2]. تولید اجزاء چند منظوره مانند لنزهای فرسنل[2] یا دیگر پروفیلهای اُپتیک نیاز به دقت بالا و نیروی برش پایین دارند[2]. بنابراین نیروهای ماشینکاری زیر یک نیوتن در فرزکاری هندسه‌های کمتر از یک میلیمتر اهمیت بسیاری پیدا می‌کند. با این تفاسیر تغییر شکل قطعه کار، چتر[3] و مسائل مشابه به مشکلات اصلی در این ابعاد تبدیل می‌شوند[2].

[1] Monocrystalline
[2] Fresnel
[3] Chatter

برخی از شرکتها که سروکاری با قطعات دقیق نظامی ندارند سعی می‌کنند با استفاده از ابزارهای الماسه قدرت اجرایی خود را بالا ببرند. ماشینکاری الماسه[1] به پروسه‌ای گفته می‌شود که از یک ابزار الماسه که بر روی یک ماشین با توان موقعیت دهی نانومتری نصب شده است برای تولید اشکال هندسی با خطای کم و کیفیت سطح بالا استفاده می‌شود. تافنس شکست[2] بالای ابزار الماس باعث می‌شود لبه ابزار در یک شکل ثابت با توانایی برش بالا (تا چند صد کیلومتر طول برش) باقی بماند[1].

تحقیقات در زمینه تراشکاری الماسه فولاد منجر به پیشرفت جدی از اول دهه نود در این زمینه شده است. در ماشینکاری مواد کربن دار مانند فولاد مشکلاتی به وجود می‌آید که کار براده برداری را سخت می‌کند. کربن موجود در ماده قطعه کار به صورت مکانیکی و شیمیایی باندهای کربن را در ابزار الماس تضعیف کرده و منجر به سایش زود هنگام ابزار می‌شود.

3-1روشهای ابتکاری

برای تأمین نیازهای صنعتی و پیشرفت ماشینکاری الماسه، چندین روش جدید با تجهیزات خاص مورد تحقیق عملی قرار گرفته است که هر کدام به نوبه خود توانسته است بهبودهایی در این زمینه ایجاد کند. ایوانز[3] سعی کرد تا فولاد ضد زنگ[4] را در دماهای پایین ماشینکاری کند[3]. [4]. آزمایشاتی توسط موریواکی[5] و ماسودا[6] انجام شد که از ابزار CBN با اثرات شیمیایی کمتر بر روی آهن، برای تولید یک سطح با کیفیت اُپتیک بر روی فولاد استفاده کردند[5,6]. با انجام این تحقیقات کیفیت سطح بهبود یافت و عمر ابزار نیز افزایش یافت، اما هیچکدام از روشها نتوانستند هر دو نتیجه را همزمان حاصل کنند[7].

[1] Diamond machining
[2] Fracture toughness
[3] Evans
[4] Stainless steel
[5] Moriwaki
[6] Masuda

1-4ماشینکاری به کمک ارتعاشات[1]

در اواسط دهه هفتاد روش جدیدی از روشهای ماشینکاری متولد شد. در این روش جدید ابزار جابجایی متناوبی انجام می‌دهد که مستقل از جابجایی در راستای محورهای X، Y و Z دستگاه تراش می‌باشد. این روش ماشینکاری تحت عنوان برش ارتعاشی[2] شناخته می‌شد. در تحقیقات اولیه از فرکانسهاس بالای 20 kHz استفاده شد. پس از گذشت دو دهه از روند کند پیشرفت این روش در نهایت در دهه نود تحقیقات ماشینکاری به کمک ارتعاشات مکانیکی توانست نتایج خوبی را برای کاربردهای صنعتی ارائه دهد[8]. پس از این دوره این روش پیشرفته ماشینکاری تحت عنوان «ماشینکاری به کمک ارتعاشات VAM» نامیده می‌شد.

1-4-1 انواع سیستمهای VAM

سیستم ابزارهایی که بر اساس اصول VAM کار می‌کنند به دو گروه عمده تقسیم می‌شود: سیستمهای رزونانسی و سیستمهای غیر رزونانسی. در سیستمهای رزونانسی مجموعه ابزار و قطعات جانبی آن در یک یا ترکیبی از دو مد ارتعاشی کار می‌کنند. فرکانس ارتعاشی معمولاً بالای 20 kHz است و دامنه کمتر از 6µm. در نوع دوم سیستم در فرکانس مد اول ارتعاش طبیعی کار می‌کند. در سیستم غیر رزونانسی معمولاً دامنه بیشتر می‌باشد. در حالت کلی افزایش دامنه ارتعاشات منجر به افزایش توان مورد نیاز سیستم می‌شود.

در یک تقسیم بندی دیگر هر کدام از سیستمها را می‌توان به چند زیر گروه بر اساس نوع حرکت ابزار تحریک شده تقسیم کرد. یعنی: یک بعدی 1D و دو بعدی 2D. در VAM یک بعدی ابزار در صفحه‌ای موازی سطح قطعه کار عمل می‌کند، یعنی ارتعاشات هم جهت نیروی برشی می‌باشد. با اضافه شدن یک بعد دیگر به ارتعاشات یعنی در VAM دو بعدی سیستم حرکتی بیضوی برای ابزار ایجاد می‌کند که معمولاً قطر اصلی بیضی

[1] Vibration assisted machining
[2] Vibration cutting