

**دانشگاه آزاد اسلامی**

**واحد تهران جنوب**

**دانشکده فنی و مهندسی**

**مهندسی ( مکانیک - طراحی جامدات )**

**عنوان :**

**تحلیل و آنالیز ارتعاشات در ابزارهای برشی**

**استاد راهنما :**

**نام دانشجو :**



**عنوان مطالب شماره صفحه**

****

چکیده................................................................................................................................................................................1

مقدمه..................................................................................................................................................................................2

**فصل اول: کلیات**

**فصل دوم : مروری بر تابع پاسخ فرکانسي و تابع تبديل**

2-1- تحليل در حوزه فرکانس ................................................................................................................................... 5

2-2- تابع پاسخ فرکانسی............................................................................................................................................ 5

2-2-1- نمايش گرافيکي داده هاي تابع پاسخ فرکانسي.................................................................................9

2-2-2-تحليل ارتعاشات آزاد و اجباري..............................................................................................................9

2-2-3- تابع پاسخ فرکانسي سيستمهاي يک درجه آزادي.......................................................................... 10

2-2-4-حل ارتعاش آزادوبررسي ويژگيهاي مودال چند درجه آزادي..........................................................11

**فصل سوم : تحلیل دینامیکی و مدلسازی عملیات ماشین کاری**

3-1- عملیات فرزکاری.......................................................................................................................................... 15

3-1-1- مدلسازی لبه های برنده و سطح تماس ابزار و قطعه...................................................................... 15

3-1-2- ﺳﻴﺴﺘﻢ ارﺗﻌﺎﺷﻲ ﻣﺎﺷﻴﻦاﺑﺰار‬................................................................................................................... 15

3-1-3-ﻣﺪلﺳﺎزي فرزکاری انگشتی.................................................................................................................. 19

3-1-4- ﻣﺪل ﺳﺎزي ارﺗﻌﺎﺷﺎت ﺧﻮد ﺑﺮاﻧﮕﻴﺨﺘﻪ در‬

3-1-5- اﻟﮕﻮرﻳﺘﻢ ﺷـﺒﻴﻪ ﺳـﺎزي ارﺗﻌﺎﺷـﺎت ﺧـﻮد‬

3-1-6-روش تجربی برای محاسبه نیروی برش................................................................................................ 26

3-1-7- مدل خیز دینامیکی - نیروی Regenerative.. .................................................................... 27

3-1-8- مدلسازی اجزا محدود (FE) ابزار و اسپ................ ..................................................................... 29

3-1-9- معیار بروز ارتعاشات خود بر انگیخته ............................................................................................ 31

3-2- ﻣﺪلﺳﺎزي اﺑﺰار ﺑﻮرﻳﻨﮓ:‬............................................................................................................................ 33

3-2-1- -ﻣﺪﻟﺴﺎزي دﻣﭙﺮ ﺿﺮﺑﻪاي ..................................................................................................................... 35

3-3-مدل تراشکاری.................................................................................................................................................39

**فصل چهارم : روشهای کاهش ارتعاشات در ماشینهای ابزار**

4-1- تأثيرات ارتعاش بر ماشين هاي ابزار..................................................................................................... 45

4-2- منابع بوجود آورنده ارتعاش................................................................................................................... 45

4-3- راههاي حذف ارتعاش...............................................................................................................................46

4-3-1- اثر نیروهای برشی..................................................................................................................................46

4-3-2- هندسه اینسرت.....................................................................................................................................47

4-3-3- زاویه ورود.................................................................................................................................................48

4-3-4- شعاع نوک ابزار......................................................................................................................................49

4-3-5- نحوه بستن ابزار................................................................................................................................... 50

4-3-6- انتخاب ابزار.............................................................................................................................................51

4-3-7- عملکرد داخل تراشهای قابل تنظیم................................................................................................ 51

4-3-8- شکستن براده ها و تخلیه آنها...........................................................................................................54

4-3-9- کاهش ارتعاشات ابزار با استفاده از قطعات سخت در بدنه ابزار.................................................55

4-3-10- سایر روشها برای کاهش ارتعاشات...............................................................................................56

# فصل پنجم : نتیجه گیری ................................................................................................................ 57

**فهرست شکل ها**

شکل ‏2‑1- تابع پاسخ فرکانسي .....................................................................................................................7

شکل ‏2‑2- نمايش تابع پاسخ فرکانسي .......................................................................................................9

شکل 3-1- درگیری لبه های ابزار با قطعه کار ..........................................................................................15

ﺷﻜﻞ 3-2- ﺳﺎزه اﺑﺰار ﻓﺮز اﻧﮕﺸﺘﻲ ﺑﺮ روي دﺳﺘﮕﺎه ﻓﺮز

ﺷﻜﻞ 3-3 -ﺳﻄﺢ ﻣﻘﻄﻊ ﻓﺮز اﻧﮕﺸﺘﻲ 2 ﺷﻴﺎره ..........................................................................................17

شکل 3-4- ﻧﺎﺣﻴﻪ 1 از ﻓﺮز اﻧﮕﺸﺘﻲ دو شیاره ........................................................................................‬18

ﺷﻜﻞ 3-5- ﻫﻨﺪﺳﻪ ﺗﻴﺮ ﺑﺎ دو ﺑﺨﺶ ﻫﻨﺪﺳﻲ ﻣﺨﺘﻠﻒ .............................................................................19

ﺷﻜﻞ 3-6- ﺷﻜﻞ دو ﻣﻮد اول اﺑﺰار ﺑﺮﺷﻲ .....................................................................................................19

شکل 3-7- حالتهای موافق و مخالف در فرزکاری ....................................................................................20

شکل 3-8- حالت فرزکاری موافق برای محاسبه نیروهای فرزکاری .....................................................20

ﺷﻜﻞ3-9- ﺣﺎﻟﺖ ﻓﺮزﻛﺎري ﻣﺨﺎﻟﻒ ﺑﺮاي ﻣﺤﺎﺳﺒﻪ ﻧﻴﺮوﻫﺎي‬ فرزکاری ......................................................20

ﺷﻜﻞ 3-10- ﻟﺒﻪ ﻫﺎي ﺑﺮﻧﺪه اﺑﺰار و ﺳﻄﻮح ﻣﻮج دار‬ ...................................................................................23

ﺷﻜﻞ 3-11- ﻟﺒﻪ ﻫﺎي ﺑﺮﻧﺪه اﺑﺰار و ﺳﻄﻮح ﻣﻮج دار‬ ....................................................................................25

ﺷﻜﻞ 3-12- ﻧﻴﺮوﻫﺎي

شکل ( 3-13- ) مدل شبیه سازی عملیات فرزکاری در دامنه زمان.................................................28

شکل ( 3-14- ) ضخامت نامی براده ، نیروی مماسی و نیروی شعاعی ................................29

شکل ( 3-15-) المان تیر در صفحه xy ......................................................................................................30

شکل (3-16-) مدل اجزاء محدود محور - اسپیندل ..................................................................................30

شکل (3-17- ) مدل اجزاء محدود پره ملخ موتور جت ...........................................................................31

شکل 3-18- (a) نیروی برشی کل شبیه سازی شده، حالت پایدار .......................................................32

ﺷﻜﻞ(3-19- ): ﻃﺮح ﺷﻤﺎﺗﻴﻚ ﻳﻚ دﻣﭙﺮ ﺿﺮﺑﻪاي‬ ..........................................................................................35

ﺷﻜﻞ 3-20- ﺟﺎﻳﮕﺬاري دﻣﭙﺮ ﺿﺮﺑﻪاي در اﺑﺰار ﺑﻮرﻳﻨﮓ ...............................................................................38

ﺷﻜﻞ3-21- ﻧﻴﺮوﻫﺎي وارده ﺑﻪ اﺑﺰار ﺑﻮرﻳﻨﮓ ( ﺑﺎ وﺟﻮد دﻣﭙﺮ ﺿﺮﺑﻪاي ) ..................................................38

شکل ( 4-1- ) : نیروی مماسی و نیروی شعاعی و خمشهای ابزار ..........................................................47

شکل (4-3- ) : زاویه گوه (γ ) ، زاویه آزاد (β ) ، زاویه براده (α) ..............................................................48

شکل (4-4 ) : زاویه ورود مناسب .......................................................................................................................48

شکل (4-5- ) : اثر شعاع ابزار در خمش .............................................................................................................49

شکل (4-6- ) : بطور کلی اثرات هندسه ابزار در ارتعاش ................................................................................49

شکل ( 4-7-) : روش صحیح و غیر صحیحی بستن ابزار ................................................................................50

شکلهای (4-8- ) تا (4-14- ) انواع ابزارهای ضد ارتعاش قابل تنظیم .......................................................52-54

شکل (4-15- )تخلیه وشکستن براده ها ............................................................................................................54

شکل (4-16- ) ابزار مجهز به سیستم خنک کاری داخلی ............................................................................55

شکل (4-17- ) : نمونه اجرا شده طرح فوق در شرکت SANDVIK ..........................................................56

**فهرست جداول**

جدول ‏2‑1- تعريف توابع پاسخ فرکانسي ...........................................................................................................8

جدول 3-1- خواص ماده و مشخصات هندسی ابزار.......................................................................................19

جدول 3-2- پارامترهای مودال سیستم ارتعاشی........................................................................................25

جدول 2-3- علائم و نشانه های مورد نیاز در مدل فرایند تراشکاری............................................................39

ب

فهرست منابع فارسی ............................................................................................................................................... 57

فهرست منابع لاتین .............................................................................................................................................. 57

# چکیده :

# در ﻃﻲ ﻋﻤﻠﻴﺎت ماشینکاری، ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺑﺮﺷﻲ ﺑﺎﻋﺚ اﻳﺠﺎد ارﺗﻌﺎﺷﺎت در اﺑﺰار ﺑﺮﺷﻲ، ﻗﻄﻌﻪ ﻛﺎر و ﺗﺠﻬﻴﺰات ﻧﮕﻬﺪارﻧـﺪه ﻣـﻲﺷـﻮد و ‬ﺑﻨﺎﺑﺮاﻳﻦ ﺳﻼﻣﺖ ﺳﻄﺢ ﻗﻄﻌﻪ ﻧﻬﺎﻳﻲ و ﻛﻴﻔﻴﺖ ﻣﺤﺼﻮل را ﺗﺤﺖ ﺗﺄﺛﻴﺮ ﻗﺮار ﻣﻲدﻫﺪ. ﭘﻴﺶﺑﻴﻨﻲ دﻗﻴﻖ ﻧﻴﺮوﻫﺎي ﺑﺮﺷﻲ ﺑـﺮاي اﻧﺘﺨـﺎب ﺑﻬﻴﻨـﻪ ابزار و ﻣﺎﺷﻴﻨﻬﺎي اﺑﺰار از اﻫﻤﻴﺖ زﻳﺎدي ﺑﺮﺧﻮردار اﺳﺖ. در اﻳﻦ تحقیقﻣﺪلﺳﺎزي و ﺷﺒﻴﻪﺳـﺎزي ﻧﻴﺮوﻫـﺎي ﺑﺮﺷـﻲ در ﻓﺮاﻳﻨـﺪ ﻓﺮزﻛـﺎري‬

**مقدمه**

با توجه به پيشرفت سريع صنايع و رقابتي شدن بازارهاي خريد و فروش ادوات صنعتي بخصوص ماشين هاي ابزار، تلاش كارخانجات ماشين سازي بيش از پيش معطوف توليد ماشين هايي است كه بتوانند قطعات را با كيفيت بالا و دقت ابعادي زياد قطعه توليد كنند و چون استفاده از اين ماشين ها (تراش - فرز- دريل) در صنعت و بازار صنعتي کشور ايران نقش بسزايي را ايفا مي کنند، بر آن شديم تا با بررسي عيوب موجود در قطعه توليدي، ابزار کار و ساختمان ماشين، علل و عوامل بوجود آورنده آن کشف و راه حل هاي مناسبي جهت رفع و يا کاهش آنها ارائه شود تا از بهدر رفتن زمان و هزينه هنگفتي که صرف تعمير و يا توليد قطعات معيوب شده مي گردد، جلوگيري شود

در اين تحقیق نتايج تحقيقاتي که بصورت تئوري و عملي بر روي ماشين هاي ابزار جهت بررسي عوامل ايجاد ارتعاش انجام شده ارائه مي گردد و با بررسي و کشف عوامل بوجود آورنده ارتعاش، مقدار و ميزان تأثير آنها بر روي قسمت هاي مختلف، از جمله خود ماشين، قطعه کار و ابزار، اندازه گيري و راه هاي مختلفي براي کاهش و دمپ آنها شرح داده شده است.

فصل اول

**کلیات**

**1.فصل اول : کلیات**

اﻣﺮوزه ﻓﺮآﻳﻨﺪ ﻓﺮزﻛﺎري ﺑﻪ ﻳﻜﻲ از ﭘﺮﻛﺎرﺑﺮدﺗﺮﻳﻦ و‬

حرکتهای نوسانی (periodic oscillatory motion)   
ارتعاش یا حرکتهای نوسانی زمانی اتفاق می افتد که وضعیت تعادل یک جسم توسط نیروهای خارجی به هم می خورد. برای اینکه ارتعاش ایجاد شود باید یک نیروی مقابله کننده نیز وجود داشته باشد که سعی کند وضعیت تعادل را برگرداند. زمانی که تعادل یک فنر بارگذاری شده توسط یک نیروی خارجی به هم می خورد، ، نیروی فنر سعی می کند تا سیستم را به وضعیت تعادل اولیه برگرداند و در همان زمان در برابر تاثیر نیروی جرم وزنه قرار خواهد گرفت. حرکت نوسانی ازیک الگوی منظم تبعیت می کند که بین دو حد بالا و پایین ، نسبت به زمان tتغییر می کند. یک حرکت نوسانی که به این طریق بعد از یک دوره زمان معین، تکرار میشود را حرکت دوره ای (periodic) می نامیم. دامنه (Amplitude) نوسان A برابر حداکثر انحراف از وضعیت تعادل می باشد. فرکانس، مشخص می کند که نوسان چگونه در طول زمان تغییر می کند، به عبارت دیگر در هر ثانیه چند نوسان کامل (T) یا پریود اتفاق خواهد افتاد.   
این حرکت نوسانی را می توان به صورت ریاضی تعریف کرد به نحوی که فاصله از وضعیت تعادل در هر لحظه براساس یک معادله سینوسی تغییر میکند. این نوسان موزون (Harmonic) نامیده میشود و میزان جابجایی، زمانی که نیرو سعی در برگرداندن سیستم نوسانی به وضعیت تعادل خودرادارد، مستقیماً با فاصله از وضعیت تعادل سیستم افزایش می یابد.   
در عمل، حرکات نوسانی، به خاطر مصرف شدن انرژی بتدریج کاهش می یابند. به این امر، میرایی (Damping) حرکات نوسانی گفته می شود. سرعت میرایی یک سیستم نوسانی بستگی به آهنگ از دست دادن انرژی خواهد داشت. به عنوان مثال، بدون اعمال یک انرژی خارجی به پاندول یک ساعت، پس از مدتی از کار خواهد افتاد. میزان انرژی لازم برای افزودن به این سیستم جهت ادامه نوسان، باید برابر مقدار انرژی از دست رفته باشد.

سفتی (Stiffness) دینامیکی   
سفتی دینامیکی معنای مقاومت یک بدنه در برابر نیروهای متغیر یا به عبارت دیگر، ارتعاش است. همچنین می توان آن را با زمان لازم جهت میراندن ارتعاش در یک سیستم مرتبط دانست. برای تشریح سفتی دینامیک یک ابزار داخل تراش به مثال ذکر شده در مورد یک آونگ نوسان کننده بر می گردیم. فرض کنم که هیچگونه افت انرژی وجود ندارد و حرکات نوسانی نامیرا هستند. قبلاً گفته شد که در این وضعیت، آونگ بدون توجه به دامنه نوسان، مادامی که طول آن ثابت است دارای فرکانس ثابتی خواهد بود. این فرکانس طبیعی ثابت در بسیاری از موارد به عنوان مقدار سفتی دینامیک یک سیستم استفاده می شود.   
به این ترتیب فرکانس طبیعی یک داخل تراش متاثر از اندازه طول آزاد آن خواهد بود مشروط به این که قطر و جنس ماده تغییر نکند. این مقدار مستقل از میزان خمش (پس زدن) ابزار خواهد بود. با مقادیر بزرگ خمش، دامنه نوسان مطمناً افزایش خواهد یافت اما در همان حال سرعت نیز اضافه می شود، به عبارت دیگر تعداد نوسانها در ثانیه ثابت می ماند. هر قدر فرکانس طبیعی یک سیستم بالاتر باشد، سفتی دینامیک آن نیز بیشتر خواهد بود.   
رابطه بین فرکانس و سفتی دینامیک را می توان با استفاده از یک خط کش که آن را با دست روی یک میز ثابت نگه داشته ایم بررسی نمود. اگر با دست دیگر قسمت آزاد خط را به سمت پایین فشار داده و فشار داده و رها کنیم خط کش شروع به نوسان می نماید. این آزمایش را در حالتی که طول آزاد خط کش را کم کرده باشیم تکرار می کنیم و در اینجا بخوبی مقاومت خط کش در برابر ارتعاش دیده می شود. نیروی لازم برای خم کردن خط کش به همان اندازه، افزایش می یابد و می توان مشاهده کرد که فرکانس ارتعاش افزایش یافته است