

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
وَأَشْرِكُوا بِرَبِّكَ
إِلهًا مِمَّنْ دُونِهِ



مدلسازی چتر و تشخیص آن به کمک اندازه گیری صوتی

دانشجو:
اسماعیل باقری

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد
در رشته مهندسی مکانیک گرایش ساخت و تولید

استاد راهنما:
دکتر حمید احمدیان

بهمن 1385

تقدیم به:

پدر ارجمند و مادر گرامی

و

همسر مهربان

تشکر و قدردانی:

از جناب آقای دکتر حمید احمدیان که با رهنمودهای خود، مرا در انجام این پایان نامه یاری نموده اند، کمال تشکر و قدردانی را دارم.

از تمامی دوستان و همکارانم در آزمایشگاه تحقیقاتی آنالیز مودال جناب آقای دکتر جلالی، مهندس حداد، مهندس فاروقی، مهندس ابراهیمی، مهندس احمدی، مهندس تیموری، مهندس رفیعیان، مهندس دهمرده و مهندس عباسی کمال تشکر و قدردانی را دارم.

چکیده

یکی از پدیده های بسیار تاثیر گذار بر سرعت براده برداری و کیفیت نهایی سطح قطعه کار چتر می باشد که با ارائه یک مدل مناسب از دینامیک سازه ماشین ابزار و نیروی چتر می توان شرایط ماشین کاری مناسب برای ماشین کاری بدون چتر را فراهم آورد.

در این پایان نامه، تاثیر دینامیک ابزارگیر بر ابزار در نظر گرفته شده و اتصال ابزار با ابزارگیر با فنر عرضی و پیچشی با میرایی سازه ای مدل شده است. با توجه به آنکه طول ابزار در پیشانی تراشی و روتراشی در ماشین تراش کوتاه می باشد لذا ابزار بصورت تیر با استفاده از تئوری تیر تیموشنکو مدل شده و پارامترهای اتصال با استفاده از آزمایش بدست آمده است. با جایگزینی پارامترهای اتصال در مدل، تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار بدست آمد. با استفاده از تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار، نمودارهای پایداری برای دو فرآیند پیشانی تراشی و روتراشی حاصل شده است. با استفاده از ضبط صدا حین ماشین کاری توسط حساسه صوتی (میکروفن)، صحت و درستی نمودارهای پایداری بررسی شده است.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
6	فصل 1 آشنایی با پدیده چتر
7	1-1. مقدمه.....
8	2-1. طرح مسئله.....
10	3-1. هدف از انجام پایان نامه و نمای کلی پایان نامه.....
11	فصل 2 مروری بر منابع مطالعاتی
12	1-2. مقدمه.....
13	2-2. چتر و اثرات آن.....
16	3-2. تحلیل چتر.....
16	1-3-2. فرآیند تراش.....
17	1-1-3-2. مکانیزم های چتر.....
17	1-1-1-3-2. چتر باززایی.....
19	2-1-1-3-2. کوپلینگ مودها.....
19	3-1-1-3-2. چتر ترمومکانیکال.....
20	4-2. مروری بر تحقیقات گذشته.....
21	1-4-2. مدلسازی ابزار و ابزارگیر.....
21	1-1-4-2. تحلیل تعامل پاسخ زیر سازه.....
26	2-4-2. تشخیص چتر بکمک اندازه گیری صوتی.....
29	فصل 3 مدلسازی رفتار دینامیکی ابزار
30	1-3. مقدمه.....
30	2-3. مدلسازی ابزار و ابزارگیر.....

35	3-3 مدلسازی دینامیکی در ماشین تراش
35	1-3-3 فرآیند روتراشی
39	2-3-3 پیشانی تراشی
40	4-3 نمودارهای پایداری
44	2-4-3 الگوریتم محاسبه نمودارهای پایداری

45 فصل 4 آزمایشها و تعیین اعتبار مدل

46	1-4 مقدمه
46	2-4 انجام آزمایشها
46	1-2-4 تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار
46	1-1-2-4 فرآیند روتراشی
54	2-1-2-4 پیشانی تراشی
61	2-2-4 نمودارهای پایداری
62	1-2-2-4 روتراشی
63	2-2-2-4 پیشانی تراشی
65	3-4 اندازه گیری صوتی
65	1-3-4 میکروفن های کندانسور
70	2-3-4 تجهیزات آزمایش

78 فصل 5 بحث و نتیجه گیری

79	1-5 مقدمه
79	5-2 بحث و بررسی
81	3-5 نتیجه گیری

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل 2-1. (a) فرآیند روتراشی و (b) پیشانی تراشی [39].....	14
شکل 2-2. جابجایی ابزار قبل و بعد از شروع چتیر [39].....	15
شکل 2-3. مدلسازی کلی ماشین کاری.....	16
شکل 2-4. تغییرات ضخامت براده در اثر ارتعاشات ابزار [3].....	18
شکل 2-5. مدل Receptance Coupling.....	22
شکل 2-6. تعیین ستون اول ماتریس Receptance.....	22
شکل 2-7. مدل Schmitz برای ابزارگیرو اسپیندل [10].....	24
شکل 2-8. جزء ابزار و جزء ابزارگیر و اسپیندل با استفاده از مدل Receptance Coupling [12].....	26
شکل 3-1. ابزار و ابزارگیر بصورت شماتیک.....	31
شکل 3-2. مدل ابزار بصورت شماتیک.....	36
شکل 4-1. تجهیزات آزمایش.....	47
شکل 4-2. طریقه اندازه گیری G_{11} در فرآیند روتراشی.....	48
شکل 4-3. نمودار همبستگی تابع پاسخ فرکانسی G_{11} در ابزار گیر.....	48
شکل 4-4. طریقه اندازه گیری G_{12} در فرآیند روتراشی.....	49
شکل 4-5. نمودار همبستگی تابع پاسخ فرکانسی G_{12} در ابزارگیر.....	49
شکل 4-6. انجام آزمایش در راستای پیشروی تراش.....	51
شکل 4-7. تابع همبستگی مربوط به اندازه گیری تابع پاسخ فرکانسی ابزار با طول 86.7 میلیمتر.....	51
شکل 4-8. پاسخ فرکانسی اندازه گیری شده و مدل با طول ابزار 86.7 میلیمتر.....	52
شکل 4-9. توابع فرکانسی G_{11} , G_{12} بدست آمده از آزمایش و G_{22} بدست آمده از دو تابع دیگر.....	53
شکل 4-10. تابع همبستگی مربوط به اندازه گیری تابع پاسخ فرکانسی ابزار با طول 126.6 میلیمتر.....	53
شکل 4-11. پاسخ فرکانسی اندازه گیری شده و مدل با طول ابزار 126.6 میلیمتر.....	54
شکل 4-12. بدست آوردن G_{11} از آزمایش.....	56
شکل 4-13. نمودار همبستگی تابع پاسخ فرکانسی G_{11} در ابزار گیر.....	56
شکل 4-14. بدست آوردن G_{12} از آزمایش.....	57
شکل 4-15. نمودار همبستگی تابع پاسخ فرکانسی G_{12} در ابزار گیر.....	57
شکل 4-16. تنظیمات آزمایش برای بدست آوردن پارامترهای اتصال ابزار با ابزارگیر.....	58
شکل 4-17. نمودار همبستگی تابع پاسخ فرکانسی در نوک ابزار.....	58
شکل 4-18. پاسخ فرکانسی اندازه گیری شده و مدل با طول ابزار 121 میلیمتر.....	59
شکل 4-19. پاسخ فرکانسی اندازه گیری شده و مدل با طول ابزار 88.5 میلیمتر.....	60
شکل 4-20. توابع فرکانسی G_{11} , G_{12} بدست آمده از آزمایش و G_{22} بدست آمده از دو تابع دیگر.....	60
شکل 4-21. مقادیر حدودی توان مصرفی واحد برای جنس های مختلف [2].....	62
شکل 4-22. نمودار پایداری برای فرآیند روتراشی.....	63

- شکل 4-23. نمودار پایداری برای رو تراشی برای ابزاری که با استفاده از تئوری اویلر-برنولی مدل شده است..... 63
- شکل 4-24. نمودار پایداری برای فرآیند پیشانی تراشی..... 64
- شکل 4-25. نمودار پایداری برای پیشانی تراشی برای ابزاری که با استفاده از تئوری اویلر-برنولی مدل شده است..... 64
- شکل 4-26. قسمت های اصلی یک میکروفن اندازه گیری [26]..... 66
- شکل 4-27. میزان حساسیت و محدوده فرکانسی برای اندازه های مختلف میکروفن های کاندنسر..... 67
- شکل 4-28. میکروفن از دید مکانیک [26]..... 68
- شکل 4-29. تاثیر پارامترهای میکروفن بر پاسخ فرکانسی میکروفن..... 68
- شکل 4-30. فلوجارت برای انتخاب مناسب میکروفن..... 70
- شکل 4-31. خصوصیات مربوط به میکروفن های مختلف..... 70
- شکل 4-32. تجهیزات آزمایش بصورت شماتیک..... 71
- شکل 4-33. تنظیمات آزمایش..... 72
- شکل 4-34. طیف انرژی در عمق براده صفر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 72
- شکل 4-35. نمودار زمانی در عمق براده 0.1 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 73
- شکل 4-36. طیف انرژی در عمق براده 0.1 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 73
- شکل 4-37. نمودار زمانی در عمق براده 0.2 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 74
- شکل 4-38. طیف انرژی در عمق براده 0.2 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 74
- شکل 4-39. نمودار زمانی در عمق براده 0.1 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 76
- شکل 4-40. طیف انرژی در عمق براده 0.1 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 76
- شکل 4-41. نمودار زمانی در عمق براده 0.2 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 77
- شکل 4-42. طیف انرژی در عمق براده 0.2 میلیمتر و سرعت چرخش قطعه کار در 710 دور بر دقیقه..... 77

فهرست جداول

- جدول 4-1. تجهیزات آزمایش..... 47
- جدول 4-2. پارامترهای اتصال ابزار و ابزارگیر و مشخصات ابزار..... 50
- جدول 4-3. پارامترهای اتصال ابزار و ابزارگیر و مشخصات ابزار..... 55
- جدول 4-4. ضرایب تصحیح برای انرژی مخصوص تراش..... 61

فهرست علائم اختصاری

نیروی داخلی بین مولفه ها	f_i
نیروی خارجی اعمال شده به سیستم مونتاژ شده	F_i
تابع پاسخ فرکانسی هر مولفه در اثر اعمال نیرو در نقطه j و گرفتن پاسخ در نقطه i	H_{ij}
تابع پاسخ فرکانسی سیستم مونتاژ شده در اثر اعمال نیرو در نقطه j و گرفتن پاسخ در نقطه i	G_{ij}
سختی عرضی فنر در اتصال ابزار و ابزارگیر	k_{11}
سختی پیچشی فنر در اتصال ابزار و ابزارگیر	k_{10}
ضریب میرایی عرضی اتصال ابزار و ابزارگیر	η_{11}
ضریب میرایی پیچشی اتصال ابزار و ابزارگیر	η_{10}
جابجایی عرضی تیر در اثر خمش در فاصله X و در زمان t	$y(x, t)$
میزان پیچش تیر در اثر پیچش در فاصله X و در زمان t	$\psi(x, t)$
مدول یانگ در خمش	E
مدول یانگ در پیچش	G
توزیع تنش برشی روی سطح مقطع	k
ممان اینرسی سطح	I
مساحت سطح مقطع	A
گشتاور در فاصله X و در زمان t	$M(x, t)$
نیروی برشی در فاصله X و در زمان t	$V(x, t)$
میزان پیچش ابزارگیر	θ
انرژی مخصوص تراش	k_c
نیروی اصلی تراش	F_c
فرکانس در آستانه چتر	ω_c
تاثیر دینامیکی ابزارگیر در اثر اعمال نیرو در نقطه j و گرفتن پاسخ در نقطه i	R_{ij}
عمق بحرانی براده	b_{lim}

فصل 1

آشنایی با پدیدهٔ چتر

1-1. مقدمه

تراشکاری یکی از پروسه های بسیار رایج در صنعت می باشد در فرآیند تراشکاری، قطعه کار با یک سرعت برشی معین می چرخد و ابزار که در یک مقدار مشخصی از عمق براده یا پهنای براده تنظیم شده یک لایه از قطعه کار را بر می دارد.

تعریف چتر: به ارتعاشات خود تحریک در ماشین ابزار گفته می شود که در اثر کنش و واکنش داخلی ابزار با قطعه کار در سرعت براده برداری بالا بوجود می آید. مشخص است که چتر زمانی رخ می دهد که یک انعطاف پذیری دینامیکی بین ابزار و قطعه کار وجود داشته باشد و همچنین زمانی که عمق براده برداری محوری و شعاعی به مقدار زیاد انتخاب شوند. در مجموع سطح قطعه کار در اثر چتر خراب شده و باعث کاهش دقت ابعادی سطح قطعه کار می گردد، همچنین باعث کاهش عمر ابزار و خرابی ماشین ابزار می شود.

اگر چه حد پایداری برای چتر در بعضی از شرایط ماشین کاری با انجام آزمایش و روش های تجربی امکان پذیر می باشد اما این عمل وقت گیر و هزینه بر می باشد از طرف دیگر، یک مدل تئوریک که دینامیک فرآیند تراش را مورد بررسی قرار داده باشد از لحاظ هزینه به صرفه بوده و از روش های تجربی مؤثرتر می باشد از این رو ارائه مدل قابل اطمینان برای تخمین حد

پایداری چتر، امکان انجام براده برداری با حداکثر میزان براده برداری را امکان پذیر می سازد.

1-2. طرح مسئله

پدیده چتر یک پدیده ناخواسته است که در اثر انعطاف پذیری ابزار و قطعه کار بوجود می آید که اثرات جبران ناپذیری را بوجود می آورد از قبیل کاهش دقت ابعادی قطعه کار، ساییدگی ابزار، کاهش عمر ابزار و در نهایت باعث وارد آوردن خسارتی به ماشین ابزار می گردد. در سالهای اخیر تلاش بسیار زیادی توسط محققین انجام گرفته تا با ارائه یک مدل ریاضی جامع از این پدیده و کنترل آن باعث افزایش سرعت براده برداری و افزایش عمر ابزار گردند. تاکنون مدل‌های گوناگون از سوی محققین ارائه شده و از روی مدل‌های ارائه شده توانستند با تغییر شرایط ماشین کاری و یا تغییر سازه ابزار، سعی در کنترل آن نمایند. با توجه به این نکته که در بررسی پایداری ابزار به منظور جلوگیری از پدیده چتر، دو روش قابل ذکر می باشد که :

1 - دینامیک ابزار، قطعه کار و سازه ماشین (دینامیک ساختار ماشین ابزار با قطعه کار) ثابت بوده و پایداری سیستم تابعی از سرعت چرخش قطعه کار و پارامترهای ماشین کاری (در ماشین تراش) می باشد که در واقع ناحیه پایدار یا ناپایدار به سرعت چرخش قطعه کار و عمق براده بستگی دارد.

2 - شرایط ماشین کاری را ثابت فرض کرده و در نتیجه پایداری سیستم تابعی از تغییر طول ابزار می باشد. که در این صورت ناحیه پایدار و ناپایدار با توجه به طول ابزار و عمق براده از یکدیگر تمیز داده می شوند.

در سالهای اخیر تحقیقات زیادی در زمینه تاثیر اسپیندل و ابزارگیر بر تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار در فرزکاری شده است. محققین مختلف با ارائه مدل‌های گوناگون، سعی در ارائه یک

رابطه جامع برای تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار بوده اند بطوریکه تاثیر اسپیندل و ابزارگیر در آن لحاظ شده باشد. یکی از این مدلها که در سالهای اخیر ارائه شده است، استفاده از روش Receptance Coupling بوده که ابزار و اسپیندل با استفاده از آن مدل شده است. پارامترهای اتصال بین ابزار با ابزارگیر و اسپیندل با مینیمم کردن تفاوت تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار که از مدل بدست آمده و تابع پاسخ فرکانسی که از آزمایش بدست آمده است، امکان پذیر می باشد.

با استفاده از این پارامترها، تابع پاسخ فرکانسی در نوک ابزار بدست آمده و با استفاده از مدل نیرویی ارائه شده برای پدیده چتر، نمودارهای پایداری با استفاده از آن رسم شده است. در این پایان نامه، برای مدلسازی ابزار و ابزارگیر از مفهوم Receptance Coupling استفاده شده است لذا می بایست پارامترهای اتصال بین ابزار با ابزارگیر با مینیمم کردن تفاوت تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار که از مدل بدست آمده و تابع پاسخ فرکانسی که از آزمایش بدست آمده است، بدست آورده شوند. باید توجه داشت که با کوتاه بودن طول ابزار در ماشین تراش، ابزار با استفاده از تئوری تیر تیموشنکو مدل شده و تابع پاسخ فرکانسی در نوک ابزار در هر دو فرآیند فوق بدست آمده است. با استفاده از تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار، نمودارهای پایداری به منظور فراهم کردن شرایط ماشین کاری مناسب برای جلوگیری از پدیده چتر برای هر دو فرآیند رسم شده است.

Smith و Tlusty, Delio [1] در سال 1992 نشان دادند که میکروفن حساسه ای مناسب برای استفاده در شناسایی و کنترل چتر است. مقایسه بین میکروفن و برخی از حساسه های متداول (دینامومتر، پروبهای جابه جایی سنج و شتاب سنج) در بررسی پایداری در فرزکاری توسط این محققین انجام گرفته، و آنها نشان دادند که سیگنال خروجی از میکروفن برای شناسایی چتر سیگنالی قابل رقابت و حتی در برخی زمینهها بهتر از سیگنال های دیگر، است. با استفاده از حساسه صوتی چون میکروفن درستی و صحت نمودارهای پایداری در شرایط ماشین کاری مختلف در فرآیند پیشانی تراشی با ماشین تراش بررسی شود.

3-1. هدف از انجام پایان نامه و نمای کلی پایان نامه

در این پایان نامه سعی شده که یک مدل برای سازه ابزار با ابزارگیر در ماشین تراش ارائه شود که با بدست آوردن پارامترهای اتصال بین ابزار و ابزارگیر با استفاده از آزمایش، بتوان با استفاده از مدل نیرویی چتر، نمودارهای پایداری را برای یک ماشین ابزار خاص بدست آورد که در شرایط ماشین کاری مناسب بتوان از شروع پدیده چتر جلوگیری کرد.

در فصل دوم این پایان نامه، تاریخچه ای از تحقیق پدیده چتر، مکانیسم های مختلف آن مطرح شده است. روش Receptance Coupling ارائه شده و اصطلاحاتی که توسط محققین در فرزکاری روی این مدل ارائه نموده اند، مطرح شده است. در پایان این فصل، تحقیقات سایرین در استفاده از میکروفن برای تشخیص چتر با ضبط سیگنال های صوتی در ماشین کاری بحث شده است.

در فصل سوم این پایان نامه، دو فرآیند مختلف در ماشین تراش ارائه و از آنجا که در این دو فرآیند ابزار دارای طول کوتاهی می باشند، لذا ابزار را با استفاده از تئوری تیر تیموشنکو مدل شده است. ابزار و ابزارگیر را با استفاده از روش Receptance Coupling اما با نگرش متفاوت استفاده شده است. در فصل چهارم این پایان نامه، با آزمایش مودال، پارامترهای اتصال بین ابزار و ابزارگیر به دست آمده است. با استفاده از مدل و پارامترهای آن، تابع پاسخ فرکانسی نوک ابزار در هر دو فرآیند حاصل شد، که با استفاده از توابع پاسخ فرکانسی، نمودارهای پایداری به منظور فراهم کردن شرایط ماشین کاری مناسب برای جلوگیری از پدیده چتر برای هر دو فرآیند بدست آمد. در پایان این فصل، با استفاده از سیگنالهای صوتی صحت و درستی این نمودارها بررسی شد. در فصل پنجم نتایج بدست آمده مرور شده است.

فصل 2

مروری بر منابع مطالعاتی

1-2. مقدمه

ماشین ابزار، قلم و قطعه کار سیستمی سازه ای با مشخصه های دینامیکی پیچیده تشکیل می دهند. این سیستم سازه ای در شرایطی معین دچار ارتعاش می شود و مانند همه ماشینها، این ارتعاشها را می توان به سه دسته اصلی تقسیم کرد:

1 - ارتعاشهای آزاد یا گذرا: حاصل از تحریک هایی که از طریق پی به سازه انتقال می یابند و یا از تغییر سریع جهت حرکت جرمهای رفت و برگشتی، از قبیل میز ماشین های ابزار، یا درگیری اولیه قلم های تراش ناشی می شوند. سازه با مد های طبیعی ارتعاش خود به نوسان در می آید تا اینکه لرزه میرانی سازه سبب از بین رفتن این حرکت شود.

2 - ارتعاشهای واداشته: حاصل از نیروهای تناوبی درون سیستم، از قبیل جرمهای چرخان نامتوازن، یا درگیری منقطع تیغه فرزهای چند دندانه، یا ارتعاشهایی که از ماشین های مجاور ناشی می شوند و از طریق پی به ماشین ابزار مورد نظر انتقال می یابند. در این حالت ماشین ابزار با بسامد واداشته نوسان می کند و اگر این بسامد با یکی از بسامد های طبیعی سازه متناظر باشد، ماشین ابزار با مد طبیعی ارتعاش متناظر، به حالت تشدید، دچار ارتعاش می شود.

3 - ارتعاشهای خود تحریک: معمولاً از ناپایداری دینامیکی فرآیند تراش ناشی می شوند. این پدیده را چتر می نامند و هرگاه میزان درگیری قلم و ابزار زیاد باشد، ناگهان نوسانهای سازه افزایش می یابد. این سازه نزدیک به یکی از مد های طبیعی ارتعاش خود نوسان می کند.

ارتعاش سازه ای ماشین ابزار را باید محدود کرد زیرا وجود این نوع ارتعاش سبب کاهش صافی سطح، آسیب دیدن لبه برنده، و ایجاد سر و صدای آزار دهنده می شود. در حال حاضر به خوبی می دانیم که چرا ارتعاشهای آزاد یا واداشته ایجاد می شوند و چگونه باید آنها را کنترل کرد؛ میتوانیم منبع این ارتعاشها را از میان برداریم و یا از پیدایش آنها در هنگام بهره برداری از

ماشین ابزار جلو گیری کنیم. لرزه ابزار را نمی توان به این آسانی کنترل کرد و آهنگ براده برداری غالباً کاهش می یابد زیرا تراشکار می بایست ماشین را متوقف کند و شرایط تراش را تغییر دهد؛ تغییر شرایط تراش معمولاً به معنای کاهش عمق تراش یا آهنگ پیشروی است. دلایل وقوع ابزار لرزه نیز به خوبی معلوم شده است و این نوع ارتعاش در نتیجهٔ برهم کنش بین فرآیند تراشکاری و سازه ماشین ابزار پدید می آید[2]

2-2. چتر و اثرات آن

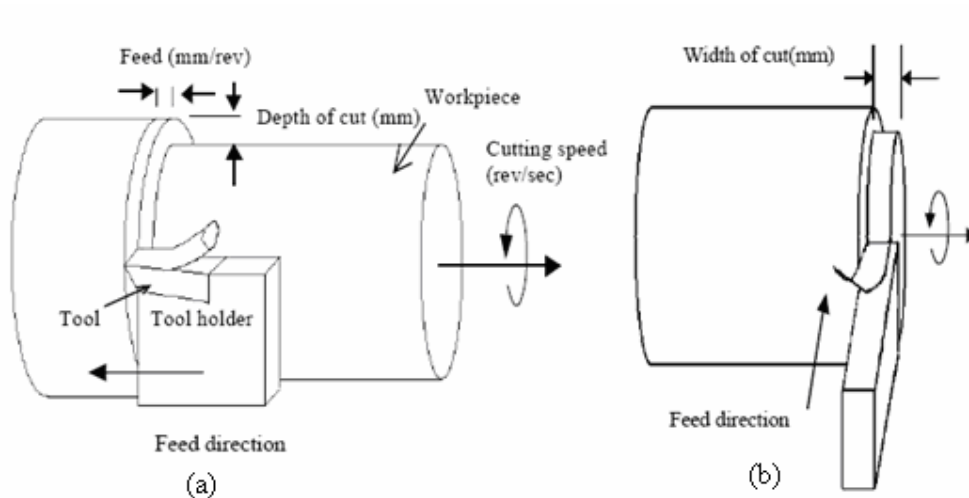
مشخص است که ارتعاشات و نویز همراه با تراشکاری، فرزکاری، سنگ زنی، نورد، کشش و دیگر پروسه های تولید می باشد. برای نخستین بار در سال 1907، F. Taylor در سخنرانی ASME، در بارهٔ فرم خاصی از ارتعاشات در فرآیند براده برداری با عنوان چتر توضیحاتی را ارائه کرد[3]

تعریف چتر: به ارتعاشات خود تحریک در ماشین ابزار گفته می شود که در اثر فعل و انفعال داخلی ابزار با قطعه کار در سرعت براده برداری بالا بوجود می آید. مشخص است که چتر زمانی رخ می دهد که یک انعطاف پذیری دینامیکی بین ابزار با قطعه کار وجود داشته باشد و همچنین زمانی که عمق براده برداری محوری و شعاعی به مقدار زیاد انتخاب شوند. با توجه به شکل 1-2 ابزار در امتداد محور قطعه کار و یا بصورت شعاعی نسبت به قطعه کار حرکت می کند. در فرآیند تراشکاری، به براده برداری در راستای محور قطعه کار رو تراشی¹ و به براده برداری در راستای شعاعی قطعه کار پیشانی تراشی² گفته می شود[4]

¹ Cylindrical Turning

² Facing

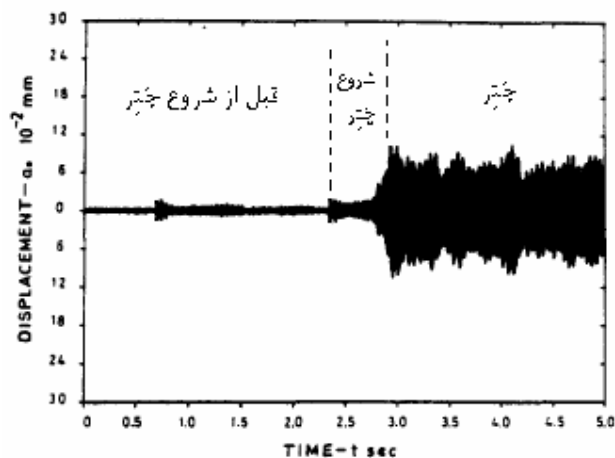
پارامتر های ماشین کاری از قبیل سرعت برشی، سرعت پیشروی و عمق براده در تراشکاری نرخ براده برداری را مشخص می کنند. اگر چه بدین ترتیب یک مقدار مشخص از نرخ براده برداری امکان پذیر می باشد اما چتر یکی از عواملی است که باعث این محدودیت می گردد.



شکل 2-1. (a) فرآیند روتراشی و (b) پیشانی تراشی [4]

یکی از ویژگی های چتر، شروع ناگهانی آن می باشد؛ بعد از شروع چتر دامنه ارتعاشات ابزار به مقدار ماکزیمم خود می رسد که در شکل 2-2 نشان داده شده است. از نکات مهم در آنالیز چتر، پیش بینی کردن شروع چتر می باشد شروع چتر در واقع افزایش سریع دامنه ارتعاشی ابزار نسبت به قطعه کار می باشد که این افزایش در دامنه ارتعاش به علت پیشی گرفتن انرژی اعمالی به سیستم نسبت به انرژی مستهلک شده در سیستم می باشد. اگر انرژی مستهلک شده در سیستم بیشتر از انرژی اعمالی به سیستم باشد، در واقع این سیستم یک سیستم پایدار می باشد و در مقابل، اگر انرژی مستهلک شده در سیستم کمتر از انرژی اعمالی به سیستم باشد این سیستم یک سیستم ناپایدار خواهد بود. از دیدگاه انرژی در سیستم برش، شروع چتر یا به عبارت دیگر آستانه ناپایداری هنگامی است که انرژی مصرفی در

سیستم با انرژی اعمالی به سیستم برابر باشد.



شکل 2-2. جابجایی ابزار قبل و بعد از شروع چتر [4]

اگر انرژی اعمال شده به سیستم توسط میرایی سازه ماشین ابزار و یا اصطکاک در فرآیند تراش مستهلک نشود حرکت نسبی بین ابزار و قطعه کار افزایش یافته و ابزار با فرکانسی نزدیک به فرکانس طبیعی سیستم شروع به نوسان می کند. در تفاوت با ارتعاشات اجباری که به علت نیروی پریودیک اعمال شده از موتورها و پمپ ها ایجاد می شود، چتر به طور نمونه در اثر ناهمگن بودن سطح تراش قطعه کار بوجود می آید.

زمانی که چتر رخ می دهد دامنه نیروی برش به تندی افزایش می یابد و فرکانس چتر از روی تبدیل فوریه سریع¹ (FFT) نیروی برش قابل مشاهده است. در مجموع سطح قطعه کار در اثر چتر خراب شده و باعث کاهش دقت ابعادی سطح قطعه کار می گردد همچنین باعث کاهش عمر ابزار و خرابی ماشین ابزار می شود. [4]

¹ Fast Fourier Transform