

МАШИНОСТРОЕНИЕ

М. В. КАСЬЯН, А. М. АРЗУМАНЯН

ДИНАМИЧЕСКАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ
 РЕЗАНИИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Производительность станков во многих случаях ограничивается колебаниями, возникающими в результате взаимодействия системы СПИД. Перед подготовкой производства в современных условиях поставлена задача определения режимов резания, при которых отсутствуют вибрации и имеет место повышение динамической устойчивости инструмента.

Эксперименты проводились на токарно-винторезном станке 1Е62М. В качестве режущего инструмента использована фрезерная головка, оснащенная пластиной из синтетического корунда для обработки латуни ЛС59-1 и дюралюминия Д16. Как известно, определение границы устойчивости при фрезеровании производится на эквивалентной модели резания, при которой направление изменения силы резания и толщины среза остаются постоянными.

Для расчета границы устойчивости необходимо определить АФЧХ инструмента и детали. Последняя определяется путем возбуждения с помощью переменной силы колебаний в направлении результирующей силы резания F_0 и измерения амплитуд колебаний перпендикулярно плоскости резания по середине дуги контакта [1]. Известно также, что АФЧХ разомкнутой системы $W(i\omega)$ является комплексной величиной и ее можно представить в следующих двух формах [2]:

$$W(i\omega) = Re(\omega) + iIm(\omega); \quad (1)$$

$$W(i\omega) = A(\omega) e^{i\varphi(\omega)}, \quad (2)$$

где $Re(\omega)$, $Im(\omega)$ — вещественная и мнимая части; $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$ — амплитуда и фаза колебаний:

$$A(\omega) = \sqrt{Re^2(\omega) + Im^2(\omega)}; \quad (3)$$

$$\varphi(\omega) = \arctg \frac{Im(\omega)}{Re(\omega)}. \quad (4)$$

Если применить упрощенные модели фрезерования для двух различных схем ориентации обработки (рис. 1) и на них распространить

теорию регенеративных вибраций, получим следующую зависимость для граничной глубины резания: при первой схеме (рис. 1а) —

$$t_{\min} \approx \frac{1}{\left| \operatorname{Re} \left(\frac{a}{F_0} \right) \right|_{\max}}, \quad \text{где } \operatorname{Re} \left(\frac{a}{F_0} \right) < 0. \quad (5)$$

При второй схеме (рис. 1б) резание должно оставаться устойчивым до бесконечно большой глубины резания, т. к. в направлении максимального изменения толщины среза не возникают компоненты колебаний.

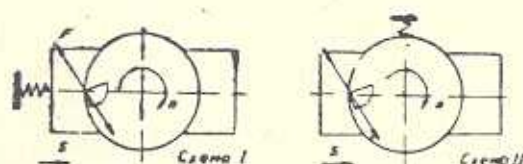


Рис. 1. Модель фрезерования при: а) при регенеративных вибрациях; б) устойчивом резании.

Опыты проведены по следующей методике. В силовую цепь станка был встроены искусственный ослабленный узел и при постоянной частоте вращения шпинделя изменялись глубины резания. Фиксирование амплитуды колебаний показывает, что для обеих схем (рис. 1а, б) граница устойчивости соответствует одной и той же глубине резания $t = (0,28-0,3)$ мм, что не согласуется с теоретическими предположениями (рис. 2). Следовательно, необходимо разработать более точный метод аналитического исследования процесса фрезерования.

Рассмотрим станок как колебательную систему с бесконечно большим числом степеней свободы. Поскольку процесс прерывистого резания осуществляется на токарном станке, где фрезерная головка смонтирована в шпинделе, а деталь — на суппорте станка, то примерную расчетную схему упругой системы можно предложить согласно рис. 3.

Для полной деформации, когда наступает неустойчивость системы, на ЭВМ проведены расчеты в широком диапазоне изменения v , s и t для двух материалов Д16 и ЛС59-1, обработанных одинаковым режущим инструментом рубин «Роза», согласно [1-3]. Эти расчеты показывают, что неустойчивое состояние появляется при $\beta = 29^\circ 23'$ (ЛС59-1), для которого составлена АФЧХ системы.

Как показывают опыты, с увеличением скорости резания частота колебания резко возрастает, тогда как амплитуда не претерпевает заметных изменений. При $v \geq 800$ м/мин процесс резания происходит с вибрациями (особенно по направлению оси y), что связано с разной амплитудой колебания суппорта станка и режущего инструмента.

С увеличением глубины резания, начиная с $t = 0,01$ мм, частота колебания уменьшается, а амплитуда увеличивается почти пропорционально глубине резания при $t > s$ [2]:

$$A = a \cos \gamma (\operatorname{ctg} \beta_1 - \operatorname{ctg} \beta_2). \quad (6)$$

Уравнение (6) показывает, что амплитуда связана, как с толщиной среза и передним углом γ , так и с углами сдвига β_1 и β_2 . При изменении толщины среза в диапазонах $l > s$ наблюдается уменьшение вибрации, которое объясняется тем, что с повышением подачи влияние округления лезвия ρ на процесс резания сказывается в меньшей мере.

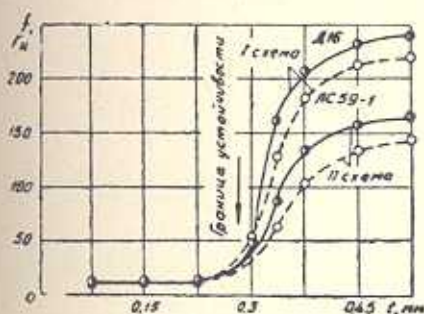


Рис. 2. Границы устойчивости для двух схем.

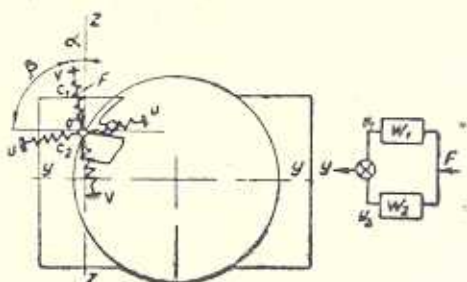


Рис. 3. Расчетная схема упругой системы.

При изменении толщины среза в диапазоне $s > l$ снова появляется неустойчивость процесса резания, которая появляется в циклическом образовании стружки и вызванном вследствие этого изменением силы резания. При изменении v , s и l устойчивость системы больше нарушается при обработке Д16, чем ЛС59-1.

Установлено, что во многих случаях теоретическая граница виброустойчивости соответствует экспериментальной границе для нормальных колебаний, но наблюдаются отдельные случаи, когда теоретические граничные кривые не совпадают с экспериментальными. Это свидетельствует о том, что принятая расчетная схема полностью не отражает сущности процесса прерывистого резания. Пользуясь предлагаемой методикой, можно и для этих случаев получить граничные уравнения, которые позволят предварительно наметить границы зоны устойчивости.

Однако принятая расчетная схема обеспечивает удовлетворительное прогнозирование характеристики устойчивости фрезерной головки при изменении условий резания. Изучение динамической устойчивости при прерывистом резании цветных металлов показывает, что те оптимальные сочетания условий резания, которые были определены в [4, 5], полностью подтверждаются ввиду отсутствия вибраций.

Лен. фил. ЕрПИ им. К. Маркса

30.1.1985.

Մ. Վ. ԿՈՍՅԱՆ, Ա. Մ. ԱՐԶՈՒՄԱՆՅԱՆ

ԳՈՒՆԱՎՈՐ ՄԵՏԱԳՆԵՐԻ ԸՆԴՀԱՏՎՈՂ ԿՏՐՄԱՆ ԸՆԹԱՅՔՈՒՄ
ԳԻՆԱՄԻՎԱԿԱՆ ԿԱՅՈՒՆՈՒԹՅՈՒՆԸ

Ա մ փ ո փ ո ի մ

Ընդված են գումավոր մետաղների սինթետիկ սուտակե թիթեղներով նուրբ նախատալին ֆրեզերման ընթացքում դինամիկական կայունության հետազո-

տության արդյունքները: Քանի որ ֆրեզերման պրոցեսը մոդելացված է խառատային հաստոցի վրա, ուստի բերված է առաձգական համակարգի սխեման, որի օգնությամբ որոշվում է սահբի անկյան մեծությունը ամենից անկայուն վիճակում: Յույց է տրված, որ կայունության սահմանները մշակման տարրեր սխեմաների դեպքում նույնն են: Հիմնավորված է, որ դինամիկ կայունության շափանիչ կարելի է ընդունել համակարգի ամպլիտուդա-ֆազային հաճախականության բնութագրերը (ԱՅՀԲ):

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Roese H. Untersuchung der dynamischen stabilität beim Fräsen. — Ind.-Anz., 1968, 90, № 50, s. 1045—1048.
2. Кудинов В. А. Динамика станков.—М.: Машиностроение, 1969.— 344 с.
3. Багдасарян Г. Б. Исследование особенности технологических и динамических характеристик СПИД при прерывном резании.— Дисс. ... канд техн. наук.— Ереван, 1969.— 199 с.
4. Багдасарян Г. Б., Арзуманян А. М. Определение оптимальных параметров прерывистого резания цветных металлов.— Изв. АН АрмССР (сер. ТН), 1979, т. XXXII, № 4, с. 53—56.
5. Арзуманян А. М. Тонкая обработка медных и алюминиевых сплавов режущими пластинками из лейкосапфира и рубина «Роза».— В сб.: «Синтез и применение сверхтвёрдых материалов». Киев: Изд-во ИСМ АН УССР, 1981, с. 64—66.