

- б) изменения частоты врезания зубьев f_B за счет изменения числа зубьев инструмента или числа его оборотов;
- в) создания переменного угла сдвига фаз неравномерным расположением зубьев по окружности фрезы.

Л и т е р а т у р а

1. Р е з н и к о в Н.И. Учение о резании металлов.-М.:Машгиз, 1947.
2. Б е л и н и ч е р И.Ш. Улучшение качества поверхности при фрезеровании.-М.:Машгиз, 1951.
3. Ж а р к о в И.Г., В о л к о в А.Н. Влияние вибраций на волнистость поверхности при фрезеровании пазов.-Станки и инструменты, 1968, № 1.
4. Ж а р к о в И.Г., Ш а р к о в Н.Ф., В о л к о в А.Н. Аппаратура и методика исследования вибраций бесконтактным методом при фрезеровании.-Известия вузов. Сер. Машиностроение.-М.:МВТУ, 1970, № 1.

УДК 621.91.015:534.83.001

Г.Т.А в д о н и н

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НА КАЧЕСТВО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ПРИ ЧИСТОВОМ ТОЧЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ И СПЛАВОВ

Обработка резанием существенно изменяет эксплуатационные свойства деталей за счет формирования определенного качества поверхностного слоя: шероховатости, волнистости, наклепа и остаточных напряжений. Особенно это проявляется в процессе чистового точения труднообрабатываемых материалов при наличии вибраций технологической системы. В связи с этим обработка резанием может рассматриваться не только как способ получения деталей определенной формы и размеров, но и как эффективный метод управления их эксплуатационными характеристиками [1].

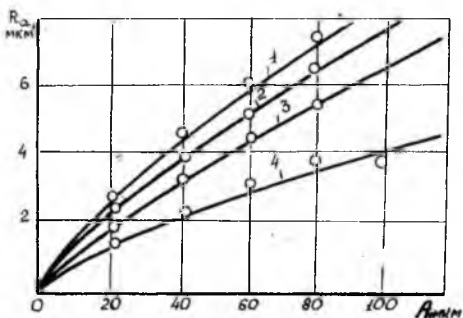
Исследование износа деталей авиационного двигателя показало почти линейную зависимость износа деталей от высоты волнистости. Интенсивный износ происходит в некотором интервале шагов волн. Так, при высоте волн, равной 24 мкм, износ сопряженных деталей интенсивен до величины шага волн, не превышающей 10 мм. При дальнейшем увеличении шага волн, по-видимому, в связи с одновременным ростом радиуса при

вершине неровностей износ контактирующих поверхностей почти прекращается.

Волнистость поверхности оказывает влияние и на контактную усталость [2,3]. Подтверждением этому служат испытания обточенных образцов диаметром 68 мм с одинаковой шероховатостью, но разной волнистостью. Уменьшение высоты волнистости от 12 до 3 мкм повышает ресурс образцов в 2,5 раза. Объясняется это снижением дополнительных контактных напряжений на рабочей поверхности, иногда значительно превышающих напряжение сдвига. Кроме того, образование волнистости всегда сопровождается неравномерностью распределения шероховатости и микротвердости на вершинах и во впадинах волн. Это может служить причиной разрушений поверхности, особенно при циклических нагрузках. Результаты испытаний валов компрессоров двигателей большого диаметра показывают, что снижение высоты волн с 13,5 до 3,2 мкм повышает срок их службы почти в 2 раза.

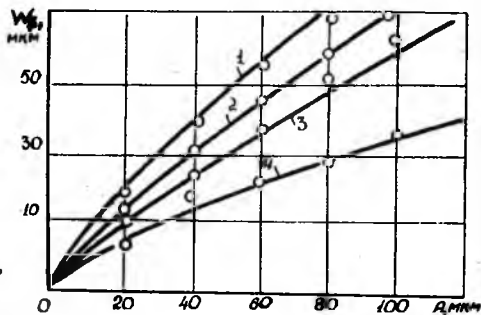
Волнистость оказывает влияние на величину и глубину распространения пластической деформации поверхностного слоя, что, в свою очередь, приводит к увеличению неоднородности обработанной поверхности по микротвердости.

На образование волнистости в условиях вибраций технологической системы СПИД, а следовательно, и на изменение качества поверхностей деталей, главным образом, влияют свойства доминирующей колебательной системы. Как показали экспериментальные исследования, основными параметрами, влияющими на шероховатость и волнистость при обработке высокопрочных сталей и сплавов Х15Н5Д2Т, Х18Н9Т, ВТ9 в условиях автоколебаний, являются амплитуда и частота, с ростом которых увеличивается высота волнистости W_z и среднее арифметическое отклонение профиля R_a (рис.1 и 2).



Р и с. 1. Зависимость шероховатости обработанной поверхности от амплитуды автоколебаний: 1 - Х15Н5Д2Т; 2 - Х18Н9Т; 3 - ВТ9 ($f = 140 \dots 190$ Гц); 4 - Х15Н5Д2Т ($f = 500 \dots 600$ Гц). Режим обработки: $v = 0,5$ м/с; $\delta = 4$ мм; $S = 0,15$ мм/об. Геометрия инструмента: $\gamma = 10^\circ$; $\alpha = 12^\circ$.

Р и с. 2. Зависимость волнистости обработанной поверхности от амплитуды автоколебаний:
 1 - Х15Н5Д2Т; 2 - Х18Н9Т;
 3 - ВТ9 ($f = 140 \dots 190$ Гц);
 4 - Х15Н5Д2Т ($f = 500 \dots 600$ Гц).
 Режим обработки: $v = 0,5$ м/с;
 $b = 4$ мм; $S = 0,15$ мм/об.
 Геометрия инструмента: $\gamma = 10^\circ$,
 $\alpha = 12^\circ$



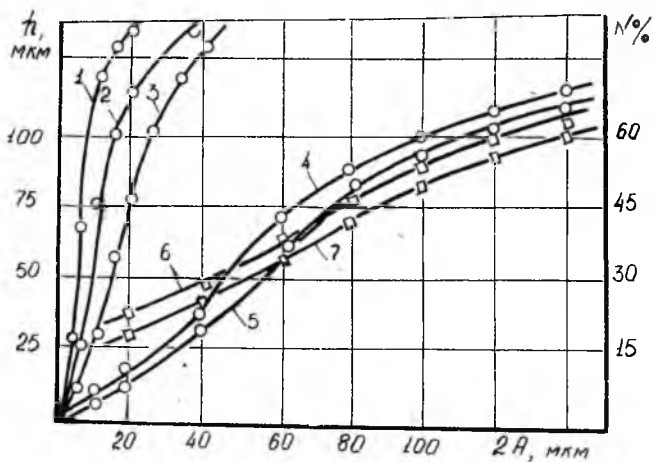
Исследования глубины и степени наклепа поверхностного слоя в зависимости от амплитуды вынужденных колебаний и автоколебаний проводились при свободном течении конструкционных материалов (указанных выше) резами с пластинками из твердых сплавов ВК8 и ВК60М без охлаждения.

Амплитуда колебаний изменялась за счет изменения жесткости консольной оправки, на которой закреплялись образцы. Определение глубины наклепа проводилось по методу косых срезов ($\alpha = 1,5^\circ$). Микротвердость поверхностного слоя измерялась с помощью микротвердомера ПМТ-3 при нагрузке 1Н и увеличении, равном 500.

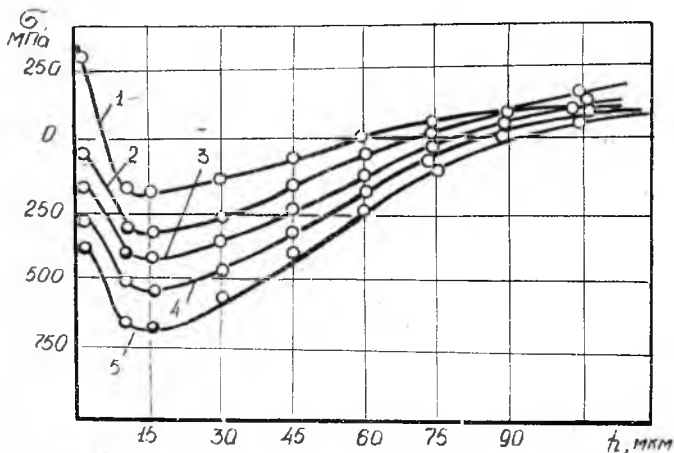
Результаты экспериментальных исследований показывают, что при тчении с вибрациями сталей Х18Н9Т, Х15Н5Д2Т и сплава ВТ9 с увеличением амплитуды вибраций от 20 до 100 мкм глубина наклепа увеличивается с 25 до 95 мкм, а степень наклепа с 16 до 48% (рис.3). Это объясняется тем, что циклическое взаимодействие обрабатываемой поверхности с задней поверхностью режущего инструмента при обработке в условиях вибрации повышает интенсивность удара инструмента прямо пропорционально квадрату амплитуды и частоты вибраций. Кроме того, в течение части периода колебаний резание происходит с весьма малыми задними углами. При наложении на режущий инструмент вынужденных ультразвуковых колебаний с частотой $35 \cdot 10^3$ Гц и амплитудой 10 мкм степень наклепа увеличивается на 30% по сравнению с приведенными выше значениями [4].

Остаточные напряжения, возникающие в поверхностных слоях изделий, как известно, являются следствием воздействия сил резания, температуры и структурных превращений.

Знак и величина остаточных напряжений, возникающих в поверхностных слоях деталей после механической обработки, оказывают влияние на усталостную прочность изделий, точность обработки, статическую и динамическую прочность и коррозионную стойкость деталей.



Р и с. 3. Зависимость толщины наклепанного слоя и степени наклепа от амплитуды вибраций: 1 - $f = 35 \cdot 10$ Гц; 2 - $f = 20 \cdot 10$ Гц; 3 - $f = 15 \cdot 10$ Гц; 4, 5 - $f = 100-300$ Гц; 6, 7 - степень наклепа. Материал: Х15Н5Д2Т (1, 2, 3, 4, 6); Х18Н9Т (5, 7). Режим обработки: $v = 0,5$ м/с; $S = 0,07$ мм/об; $b = 4$ мм. Геометрия инструмента: $\gamma = 5^\circ$, $\alpha = 12^\circ$



Р и с. 4. Влияние амплитуды вибраций на глубину распространения остаточных напряжений. Материал ВТ9: 1 - $A_y = 0$; 2 - $A_y = 15$ мкм; 3 - $A_y = 30$ мкм; 4 - $A_y = 100$ мкм; 5 - $A_y = 10$ мкм ($f = 35 \cdot 10$)

На рис. 4 видно, что с ростом амплитуды и частоты вибраций увеличиваются остаточные напряжения сжатия. Наибольший эффект наблюдается при введении в зону резания вынужденных ультразвуковых колебаний с частотой $35 \cdot 10^3$ Гц и амплитудой 3...5 мкм. Следовательно, циклический характер взаимодействия обрабатываемой поверхности с задней поверхностью инструмента при точении в условиях вибраций значительно повышает интенсивность уплотнения материала, в результате чего остаточные напряжения сжатия увеличиваются пропорционально амплитуде и частоте вибраций.

Образование в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений увеличивает ресурс деталей двигателей летательных аппаратов. Следовательно, рациональное применение вынужденных колебаний и управление автоколебаниями при обработке деталей позволяет получать повышенные эксплуатационные характеристики изделий, как это имеет место после специальных упрочняющих операций. Однако преимуществом применения обработки резанием с вибрациями является совмещение упрочнения с процессом формообразования поверхностей.

Л и т е р а т у р а

1. Сулима А.М., Евстигнеев М.М. Качество поверхностного слоя и усталостная прочность деталей из жаропрочных и титановых сплавов. - М.: Машиностроение, 1974.
2. Кузнецов Н.Д. Влияние свойств материалов и технологии изготовления на конструкционную прочность. - В кн.: Проблемы прочности. - Киев: Изд. АН УССР, 1971, № 7.
3. Прилук И.В.А. Технологические методы снижения волнистости поверхности. - М.: Машиностроение, 1978.
4. Авдонин Г.Т. Исследование технологических особенностей чистового точения при наличии автоколебаний: Автореф. дисс. канд. техн. наук. - Курьбышев: КИТИ, 1983.

УДК 621.992.4.001.24:669.017.25

И.В. Михайлов

ДИНАМИКА БРЕЗЕРОВАНИЯ НАРУЖНЫХ УПОРНЫХ РЕЗЬБ
НА ДЕТАЛЯХ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Технико-экономические показатели обработки наружных упорных резьб больших диаметров (свыше 200 мм) можно повысить путем замены операции