

М. В. КАСЬЯН, М. Х. ГРИГОРЯН, М. М. СИМОНЯН

О НЕКОТОРЫХ СИЛОВЫХ ЯВЛЕНИЯХ ПРИ ПРЕРЫВИСТОМ РЕЗАНИИ

Большинство технологических процессов — торцевое фрезерование, строгание, зубодолбление, шлифование — осуществляется в условиях прерывистого резания, во время которого процесс срезания стружки чередуется с холостым пробегом режущего инструмента. Режущая часть инструмента находится в менее благоприятных условиях по сравнению с непрерывным процессом резания. Это объясняется тем, что инструмент подвергается циклически действующим механическим нагрузкам импульсного характера, а также тепловым ударам. Эти нагрузки, как известно, отрицательно влияют на прочность инструмента, и режущая часть инструмента часто выходит из строя вследствие хрупкого разрушения без существенных следов износа.

Отечественные [1, 2, 3, 5], а также зарубежные исследования в этой области [6, 7, 8, 9] показали, что во время врезания инструмента в обрабатываемый материал, сила резания возрастает вследствие ударных явлений.

Известно [2], что при строгании существует предельная скорость резания, превышение которой вызывает быстрое скалывание режущей кромки инструмента. При строгании стали с большими сечениями среза эта скорость равна 30 м/мин. При скоростях резания менее 30 м/мин ударное увеличение силы резания не наблюдалось [4].

Наша цель — изучить явления, сопутствующие начальному периоду резания, установить зависимость продолжительности переходного процесса от свойств обрабатываемых и инструментальных материалов, от параметров режимного поля, сравнить зарегистрированное время возникновения максимального импульса силы P_{zu} с теоретическим временем врезания.

Аналитический метод расчета импульсных сил, возникающих при врезании режущего клина в обрабатываемый материал, очень сложен и требует решения трехмерной задачи динамической теории пластичности с учетом поведения системы СПИД.

Экспериментальные методы изучения импульсных сил в основном позволяют регистрировать лишь перемещения соударяющихся тел, с помощью которых можно найти скорости и ускорения сближений этих тел [11]. Основная трудность при изучении импульсных сил и ускорений заключается в кратковременности протекания процессов, для фиксации

которых нужна совершенная аппаратура, поскольку к ней предъявляются жесткие требования с точки зрения частотных характеристик.

Для преобразования механических возбуждений в электрические сигналы, при импульсном нагружении режущего инструмента, были использованы универсальные динамометры конструкции ВНИИ УДМ-1200 и 2КДФ1 с проволочными тензодатчиками сопротивления.

Частота собственных колебаний динамометра ν по направлению силы P_z рассчитана с помощью осциллограмм, полученных после соударения шара и резца, закрепленного в резцодержателе динамометра.

Установлено, что $\nu = 840 \div 910$ гц (рис. 1). Для усиления датчика был применен тензометрический усилитель УТЧ-1.

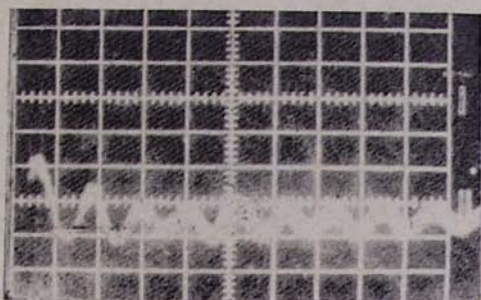


Рис. 1. Осциллограмма ударной тарировки динамометра 1 дел. = 1 мсек.

Для регистрации импульсных сил, возникающих при врезании резца в обрабатываемый материал, использован двухлучевой запоминающий осциллограф марки С8-2, отвечающий всем требованиям, предъявляемым к аппаратуре для измерения мгновенно протекающих процессов.

Эксперименты были проведены на поперечно-строгальном станке с гидравлическим приводом модели 7М36, на вертикально-фрезерном станке модели 6Н11 и на токарном станке модели 1К62. Инструментальными материалами служили: быстрорежущая сталь Р18, резцы армированные твердосплавными пластинами ВК8 и Т5К10. В качестве обрабатываемых материалов были приняты СЧ21—40, нержавеющая сталь Х18Н9Т, СТ3, сталь 45, железо Армко и медь МЗ. Для строгания применялись заготовки длиной $l = 60$ мм и $l = 250$ мм. При прерывистом точении применялись заготовки диаметром 110 мм с разными ширинами продольных пазов $B = 10 \div 30$ мм. Были использованы случаи строгания с постепенно уменьшающимся сечением среза от максимума при врезании, до нуля при выходе и наоборот. При фрезеровании использовались заготовки с шириной $B = 70$ мм и $B = 110$ мм. Исследованы случаи встречного несимметричного, попутного несимметричного, полного и неполного торцевого фрезерования.

Экспериментами установлены два характерных графика изменения силы резания во времени рис. 2, 3, 4, 5, 6, 7.

На рис. 2 показано изменение силы резания во времени при малых

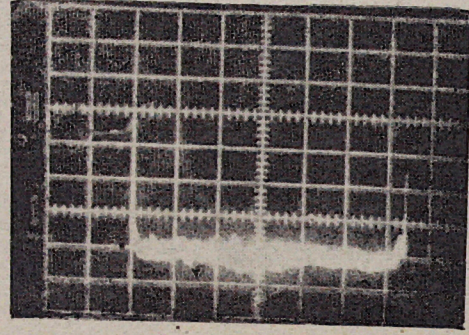


Рис. 2. Строение стали СТ. 3.
 $v = 16$ м/мин, $S = 1,25$ мм/дв. ход, $l = 2,5$ мм, $\tau = 8^\circ$,
 $\lambda = 10^\circ$, 1 дсм. = 50 мск.

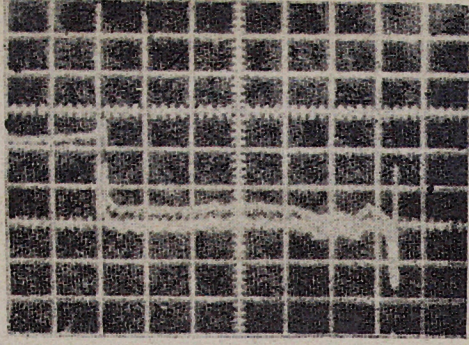


Рис. 3. Строение стали СТ. 3.
 $V = 48$ м/мин, $S = 1$ мм/дв. ход, $l = 2$ мм,
 $\tau = 8^\circ$, $\lambda = 10^\circ$, 1 дсм. = 50 мск.

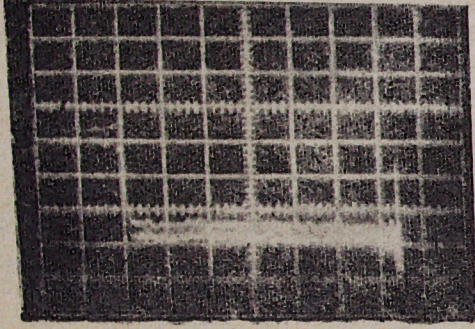


Рис. 4. Строение стали СТ. 3.
 $V = 36$ м/мин, $S = 1$ мм/дв. ход, $l = 2$ мм,
 $\tau = 8^\circ$, $\lambda = 10^\circ$, 1 дсм. = 50 мск.

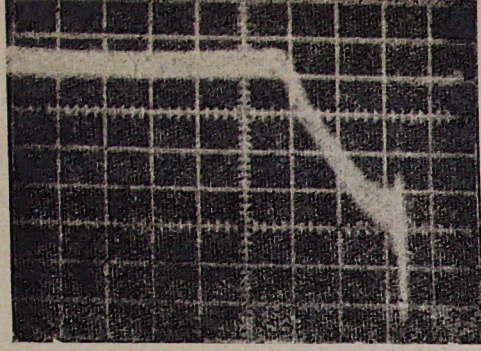


Рис. 5. Строение стали IX18H9T с медленными
 уменьшающимся сечением среза.
 $V = 48$ м/мин, $S = 1,25$ мм/дв. ход, $l = 2,5$ мм,
 $\tau = 8^\circ$, $\lambda = 10^\circ$, 1 дсм. = 50 мск.

скоростях резания. В этом случае первый видимый импульс силы $P_{\text{ин}}$ меньше силы резания P_z .

Осциллограммы, изображенные на рис. 3, 4, 5, 6, характеризуют изменения силы резания во времени при больших сечениях срезаемого слоя и сравнительно больших скоростях резания. При этом сила импульсного воздействия $P_{\text{ин}}$ больше силы резания P_z . При постоянном значении сечения срезаемого слоя можно получить оба характерных графика, варьируя скоростью резания. При одном и том же значении силы резания импульсная сила может быть больше, равна или меньше силы

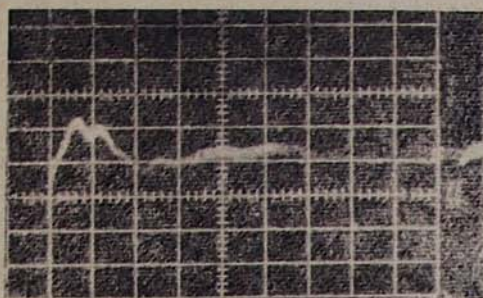


Рис. 6. Строгание стали СТ. 3.

$V=48$ м/мин, $S=1$ мм/дв. ход, $t=2$ мм,
 $\gamma=12^\circ$, $\lambda=7^\circ$, 1 дел.=2,5 мск.

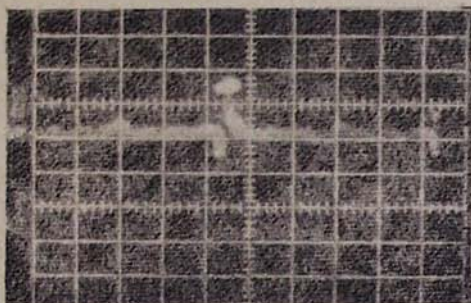
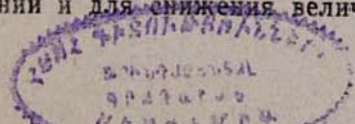


Рис. 7. Прерывистое точение заготовки стали СТ. 3.

$V=120$ м/мин, $S=0,3$ мм/об, $t=1,2$ мм,
 $\gamma=0$, $\lambda=10^\circ$, 1 дел.=50 мск.

резания, в зависимости от свойств обрабатываемых материалов. Во время обработки чугуна при варьировании режимов резания в широких пределах $v = (16 \div 48)$ м/мин, $s = (1 \div 1,5)$ мм/дв. ход, $t = (1 \div 3)$ мм, отношение величины импульсной силы к величине силы резания колеблется в пределах $1,3 \div 1,4$, при обработке сталей — $1,8 \div 1,9$. Как видно, наименьшие значения импульсной силы получаются при обработке чугуна, что согласуется с данными [2, 12], в которых для устранения вынужденных колебаний и для снижения величин возмущающих сил,



при прерывистой обработке, как при входе, так и при выходе инструмента рекомендуются применять чугунные наполнители (очислители).

Наибольшие значения импульсных превышений получаются при обработке нержавеющей стали 1X18H9T.

При обработке меди с большими сечениями среза и большими скоростями резания, превышение импульсной силы над силой резания не наблюдалось.

Произведено сравнение зарегистрированного времени возникновения максимального импульса силы P_{zu} с теоретическим временем врезания.

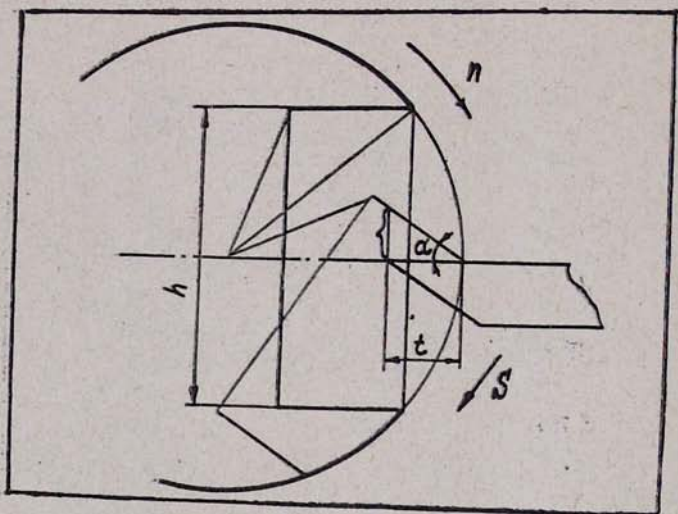
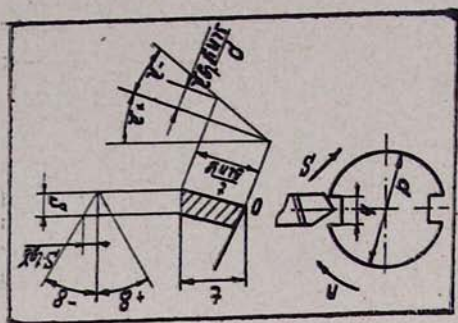


Рис. 8, 9. Эскизы для определения теоретического времени врезания.

Теоретическим временем врезания инструмента в обрабатываемый материал, при прерывистом резании, называется время от момента соприкосновения передней поверхности инструмента с заготовкой до момента нагрузки максимальным сечением стружки, при сохранении постоянной скорости инструмента до врезания [6].

Из рис. 8, 9 следует

$$t_{\text{вр}} = \frac{1}{v} \left(\operatorname{tg} \gamma + t \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\sin \varphi} + \frac{th}{\sqrt{d^2 - h^2}} \right) c, \quad (1), \quad \text{где}$$

$\operatorname{tg} \gamma$, $t \frac{\operatorname{tg} \lambda}{\sin \varphi}$, $\frac{th}{\sqrt{d^2 - h^2}}$ — величины перемещения заготовки или инструмента, считая от момента соприкосновения передней поверхности с обрабатываемым материалом до полного сечения резания, за счет переднего угла γ , угла наклона главной режущей кромки λ , ширины паза h и диаметра обрабатываемого материала d соответственно.

Сравнение зарегистрированного времени возникновения максимального импульса силы P_{zu} с теоретическим временем врезания, рассчитанного по формуле (1), показало, что экспериментальное время в несколько десятков раз превышает теоретическое время врезания в случае отсутствия импульсных превышений и что это временное запаздывание сильно увеличивается при уменьшении скорости резания.

Для выяснения причины несоответствия между экспериментальным временем и теоретическим временем врезания, рассчитанным по формуле (1), применена скоростная киносъемка с частотой 4000 к/с с одновременным осциллографированием процесса врезания при строгании. Время экспонирования при частоте съемки 4000 к/с равно 1/20000 сек, что полностью удовлетворяет нашим требованиям.

После анализа кинограмм с помощью инструментального микроскопа ММИ-2 при увеличении $\times 50$ выяснилось, что при врезании инструмента происходит уменьшение скорости резания, которая стремится к нулю, и что крепление резца в резцодержателе или динамометре не влияет на величину падения скорости.

Период колебания скорости резания зависит от физико-механических свойств обрабатываемых материалов и параметров режимного поля.

Например, при обработке стали СТ 3 ($v=48$ м/мин, $s=1$ мм/дв.ход, $t=2$ мм), период колебания скорости резания примерно одного порядка с периодом колебания импульсной силы (рис. 6) и составляет 0,006 сек.

В ы в о д ы

Полученные нами результаты дают основание сделать заключение о том, что при прерывистом резании импульсная сила P_{zu} , возникающая при врезании инструмента в обрабатываемый материал, может быть меньше или больше максимальной силы резания P_z действующей при установившемся резании.

Величина импульсной силы P_{zu} и продолжительность ее нарастания для данной системы СПИД зависят от физико-механических свойств обрабатываемых материалов, параметров режимного поля и не зависят (или слабо зависят) от свойств инструментальных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Бетанели. Прочность и надежность режущего инструмента. Тбилиси, 1973.
2. В. Н. Подураев. Резание труднообрабатываемых материалов. М., 1974.
3. П. И. Яцерицин и др. Основы резания материалов и режущий инструмент. Минск, 1975.
4. Г. С. Андреев. Удар при прерывистом резании металлов. «Вестник машиностроения», 1971, № 3.
5. Н. Я. Ильченко и др. К вопросу об ударе при прерывистой обработке металлов резанием. Сборник «Надежность режущего инструмента». Вып. 2, 1975.
6. Качмарек. Исследование предельных подач с точки зрения быстрого прочностного износа режущей кромки фрезерной головки при врезании в материал. Труды IOS, 1959, серия научных изданий, № 3.
7. Качмарек. Основы шевингования абразивной и эрозивной обработки, WNT, Варшава, 1970.
8. «Исследование ударной вязкости твердых сплавов в результате прерывистого торцевого точения». Экспресс-информация. «Режущие инструменты», 1976, № 47.
9. Мечислав Ковалец. Ударные силы при резании. «Прогресс в теории и технике обработки металлов». Краков, 1970.
10. Г. С. Батуев и др. Инженерные методы исследования ударных процессов. М., 1969.
11. Ю. Н. Иорш. Виброметрия. Измерение вибрации и ударов. М., 1963.
12. С. В. Егоров, С. И. Волков. Исследование обрабатываемости резанием жаропрочных сплавов. М., 1959.