

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ
РЕЗАНИЯ ПРИ ТОЧЕНИИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

А. И. АФОНАСОВ

(Представлена научным семинаром кафедр станков и резания металлов
и технологии машиностроения)

В настоящее время во многих отраслях машиностроения находят широкое применение высокопрочные, жаропрочные и коррозионно-стойкие стали и сплавы.

К числу этих материалов относятся сплавы титана. Наряду с высокими служебными свойствами некоторые сплавы титана обладают низкой обрабатываемостью резанием. Значительный резерв в повышении производительности механической обработки титановых сплавов скрыт в выборе режимов резания.

Стремление учесть экономические и технологические требования производства при разработке рациональных режимов резания с минимальными затратами времени и средств привело к созданию ускоренных методов, базирующихся на изучении интенсивности износа инструмента.

В последние годы А. Д. Макаров с сотрудниками [1] разработал метод определения обрабатываемости металлов резанием и способ определения оптимальных сочетаний подач и скоростей, при которых обеспечивается максимум стойкости инструмента и наилучшее качество обработанной поверхности.

Данная статья освещает результаты исследований, проведенных в лаборатории резания металлов Томского политехнического института в содружестве с Верхнесалдинским металлообрабатывающим заводом по использованию методики А. Д. Макарова для определения стойкости инструмента и оптимальных режимов резания в случае чернового и полустогового точения труднообрабатываемых сплавов титана.

Исследования проводились на серийных сплавах титана марки ВТЗ-1, ВТ9 и ВТ6.

В качестве инструмента использовались резцы с механическим креплением пластин твердого сплава марки ВК8. Для черновой обработки резцы имели геометрию: $\gamma = 0^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 12^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $R = 1$ мм. Для полустоговой обработки резцы затачивались со следующей геометрией: $\gamma = +7 \div 10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ$, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 15^\circ$, $\lambda = 0^\circ$, $R = 0,5$ мм. Опыты при обдирке прутков из титановых сплавов диаметром 120 и 160 мм проводились в заводских условиях на токарном станке модели ДИП 500. Режимы резания изменялись в следующих пределах: скорость резания — $V =$ от 5 ÷

$\div 40$ м/мин; подача — $s =$ от $0,5 \div 1,5$ мм/об; глубина резания $t = 5$ мм.

Получистовое точение прутков из титановых сплавов диаметром 120 и 160 мм осуществлялось на токарном станке модели 1Д63А. Опыты проводились на следующих режимах: скорость резания изменялась — $V =$ от $4 \div 120$ м/мин, подача — $s =$ от $0,11 \div 0,47$ мм/об, глубина резания — $t = 2 \div 3$ мм.

Средняя контактная температура измерялась методом естественной термопары. Износ инструмента по передней и задней граням измерялся с помощью микроскопа МИР-1М.

Интенсивность износа инструмента оценивалась поверхностным относительным износом резца по задней грани — $h_{\text{опз}}$.

$$h_{\text{опз}} = \frac{h_{\text{зк}} - h_{\text{зн}}}{(l_{\text{к}} - l_{\text{н}}) \cdot s} \cdot 100 \text{ мм}/10^3 \text{ см}^2,$$

где

$h_{\text{зк}}$ — конечная или текущая величина износа инструмента по задней грани, мм;

$h_{\text{зн}}$ — начальный износ инструмента по задней грани, мм,

$l_{\text{к}}$ — конечная или текущая длина пути резания, м;

$l_{\text{н}}$ — длина начального участка пути резания, м;

s — величина отрезка, численно равная подаче, мм.

Частные эмпирические зависимости, показывающие влияние скорости резания и подачи на стойкость инструмента, получены на основе закономерностей изменения поверхностного относительного износа резца — $h_{\text{опз}}$.

Экспериментальные графики, отражающие зависимость скорость — стойкость в логарифмических координатах, для случаев обработки титановых сплавов на указанных режимах, имеют по два прямолинейных участка с точкой перелома. На участках, расположенных левее точек перелома, влияние скорости резания на стойкость инструмента значительно меньше, чем это имеет место в области скоростей для правых участков. При увеличении подачи перегиб линий $T = f(V)$ начинается при меньших скоростях. Отсюда следует, что формулы степенного вида, выражающие зависимость $T = f(V \text{ и } s)$, справедливы только для определенных диапазонов скоростей резания и подач. Расчет стойкости или скорости резания по единой степенной зависимости можно допустить лишь в том случае, если левая ветвь кривой $T = f(V)$ лежит в зоне очень низких скоростей резания, не имеющих практического значения. Экстремальный характер зависимости $T = f(V)$ обусловлен изменением природы и интенсивности преобладающего вида износа. С изменением режимов резания меняются условия контакта между обрабатываемым и инструментальным материалом, изменяются и физико-механические характеристики контактирующих поверхностей.

Использование зависимостей $T = f(V; s)$ для оптимизации режимов резания связано с рядом недостатков: обычные стойкостные испытания являются весьма трудоемкими и требуют значительного расхода обрабатываемого материала, скорость резания V_T и период стойкости T являются функцией принятого критерия затупления, при монотонности функции $T = f \cdot (V \cdot s)$ невозможно определить оптимальные режимы обработки, обеспечивающие минимальную интенсивность износа.

Таким образом, не исключена возможность выбора нерациональных режимов резания, при которых наряду с низкой производительностью и высокой себестоимостью обработки инструмент будет иметь высокую интенсивность износа.

С этих позиций наиболее объективной характеристикой обрабатываемости металлов резанием следует считать интенсивность износа инструмента. Закономерность изменения интенсивности износа инструмента не зависит от принятого критерия затупления, что позволяет резко сократить продолжительность опытов при исследовании обрабатываемости металлов и установлении наивыгоднейших режимов резания.

На рис. 1 представлена зависимость интенсивности износа, выраженного через поверхностный относительный износ резца по задней грани, от скорости резания и подачи для случаев чернового и получи-

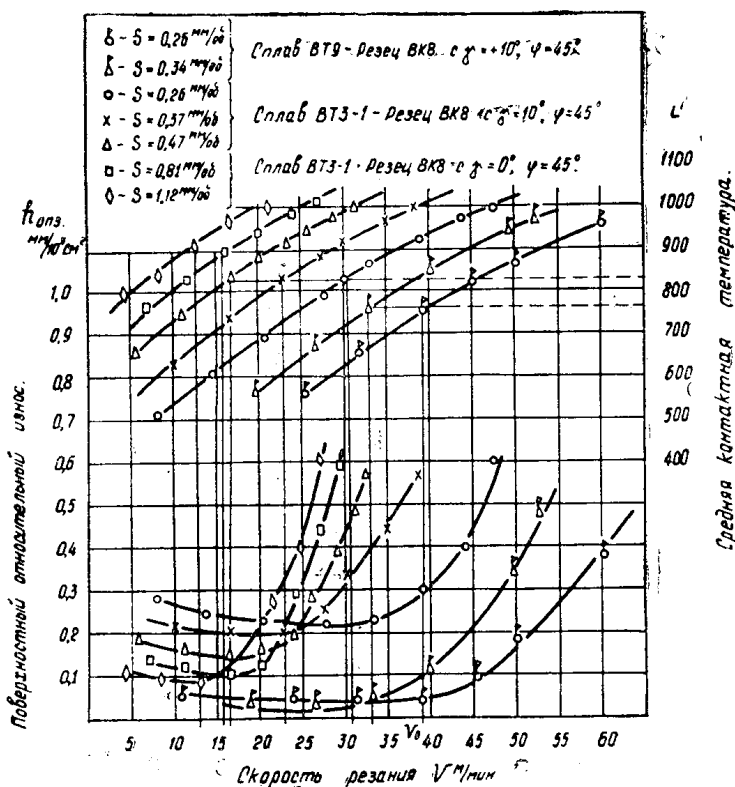


Рис. 1

стового точения титановых сплавов марки ВТ3-1 и ВТ9. На этом же графике приведены экспериментальные значения средних контактных температур для рассматриваемых случаев обработки сплавов ВТ3-1 и ВТ9.

Зависимости $h_{опз} = f(V)$ для всех исследуемых подач имеют точки минимума, которые наблюдаются при разных скоростях резания.

Чем больше подача и выше прочность обрабатываемого сплава, тем при меньшей скорости резания величина поверхностного относительного износа имеет минимальное значение. Для каждой пары обрабатываемый материал — твердый сплав на всех подачах точкам минимума кривых $h_{опз} = f(V)$ соответствует одна и та же температура. Эта температура и будет оптимальной контактной температурой для пары обрабатываемый сплав — резец, при которой интенсивность износа будет минимальной. Таким образом, каждой подаче соответствует определенная оптимальная скорость резания — V_0 , при работе на которой достигается минимальная интенсивность износа инструмента. Повышение скорости резания против оптимальной величины, а также

ее снижение приводят к повышению интенсивности износа. Однако физические причины, вызывающие увеличение интенсивности износа при $V < V_0$ и $V > V_0$, будут различны.

Повышение интенсивности износа инструмента при увеличении скорости резания и температуры относительно их оптимальных значений происходит вследствие интенсификации диффузионных процессов на контактных поверхностях, пластической деформации тончайших слоев инструмента и как результат этих явлений — изменения первоначальной геометрии режущего клина.

Снижение скорости резания против оптимальной приводит к увеличению степени деформации срезаемого слоя, повышению трения на контактных поверхностях. Уменьшение скорости деформации и повышение трения на контактных поверхностях инструмента вызывает увеличение объема пластической деформации материала стружки и обработанной поверхности. При этом увеличивается твердость обработанной поверхности и глубина наклепанного слоя.

Эти явления способствуют интенсивному истиранию и микроскопическому вырыванию частиц твердосплавного инструмента вследствие явлений адгезии и абразивного истирания.

Влияние толщины срезаемого слоя на интенсивность износа инструмента является сложной зависимостью, так как изменение толщины среза влияет на температуру резания, а также на напряжения, возникающие на контактных поверхностях инструмента.

В условиях чернового и получистового резания выбор подачи диктуется стремлением получить наибольшую производительность процесса резания. Производительность процесса резания может определяться объемом металла, превращаемого в стружку в единицу времени или площадью новой поверхности, образуемой в единицу времени. Черновая обработка лучше характеризуется объемной производительностью. Чистовая и получистовая обработка может характеризоваться поверхностной производительностью.

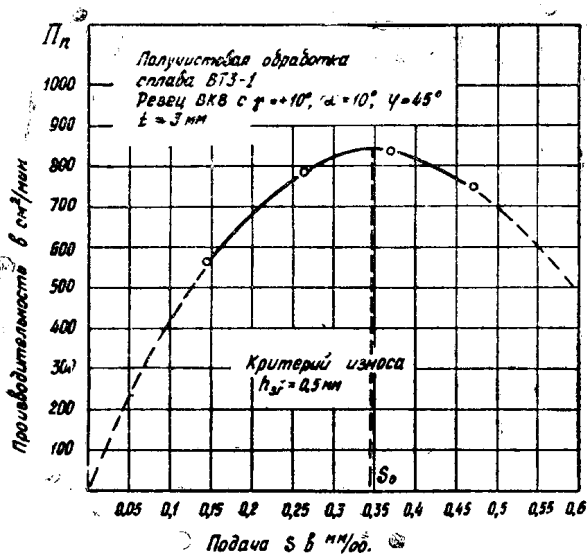


Рис. 2

Как было показано выше, наименьшая интенсивность износа инструмента наблюдается для каждой выбранной подачи при своей оптимальной скорости резания, обеспечивающей и постоянство оптимальной температуры резания.

Если производительность процесса резания подсчитать для каждой подачи при оптимальной скорости резания, то максимальная производительность будет достигнута при определенной наивыгоднейшей подаче.

График на рис. 2 показывает зависимость производительности от подачи при оптимальной температуре резания. Из графика видно, что максимальная площадь обработанной поверхности для случая получистового точения титанового сплава ВТЗ-1 твердосплавным инструментом марки ВК8 будет получена при работе на подаче $0,3 \div 0,4$ мм/об.

В результате проведенных исследований могут быть даны рекомендации по наиболее выгодным режимам резания титановых сплавов при черновой и получистовой обработке. Эти рекомендации сведены в табл. 1.

Таблица 1

Марка сплава	Черновая обработка		Получистовая обработка	
	скорость резания, м/мин	подача, мм/об	скорость резания, м/мин	подача, мм/об
BT3-1	16,5	0,81	23	0,35
BT9	19	0,92	30	0,4
BT6	23	1,12	40	0,47

При этом критерием износа инструмента следует считать износ по задней грани на режимах черновой обработки $h_z = 1,2$ мм, а при получистовой обработке $h_z = 0,5$ мм.

Выводы

1. Наиболее объективной характеристикой обрабатываемости металлов резанием следует считать интенсивность износа инструмента.

2. Изучение закономерностей изменения интенсивности износа и средней контактной температуры при обработке металлов резанием на разных режимах дает ключ к определению оптимальных режимов.

3. Чем хуже обрабатываемость металла резанием, тем уже диапазон целесообразных режимов, и тем важнее становится определение оптимальных режимов обработки.

4. Используя методику А. Д. Макарова, можно определить стойкостные зависимости и оптимальные режимы, обеспечивающие максимальную производительность процесса при черновом и получистовом видах обработки металлов резанием. При этом достигается 15—20-кратная экономия времени обрабатываемого и инструментального материала по сравнению с обычными стойкостными испытаниями.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. Д. Макаров. Износ и стойкость режущих инструментов. М., «Машиностроение», 1966.