

Новиков Д.Ф.
Харьковский национальный экономический университет
им. Семена Кузнеця, Харьков, Украина

УСЛОВИЯ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ

Для максимального использования технологических возможностей металлорежущего инструмента необходимо знать эффективные режимы резания, которые определяют производительность и качество обработки.

Понятие «эффективные режимы резания» (для импортного лезвийного инструмента) довольно расплывчатое, т.к. нет определенных критериев, по которым можно сказать, что один режим резания эффективный, а другой не эффективный. В большинстве случаев эффективность режимов резания определяется спецификой производства или поставленной задачей. На одном предприятии критерием эффективности может выступать достижение определенного качества обработанной поверхности, на другом – максимальная производительность обработки, на третьем – соотношение нескольких критериев.

На многих предприятиях при установлении режимов резания опираются на экономический критерий, но в довольно специфической форме. Экономический фактор выступает как производный от других: максимальной стойкости и производительности инструмента, высокой точности обработки и минимальной шероховатости (для устранения потерь от брака). Выполнение этих требований ведет к снижению себестоимости обработки детали, однако не отвечает на вопрос – минимальная ли это себестоимость обработки для данной операции?

На одном из крупнейших машиностроительных заводов Украины для эффективного использования режущего инструмента изначально была установлена стойкость 45 мин. Специалисты завода обосновывали эту стойкость тем, что при ней достигается минимальное соотношение «затраты на инструмент/производительность». После нескольких лет использования инструмента специалисты завода пришли к выводу, что стойкость 45 мин ведет к высокому потреблению лезвийного инструмента, из-за чего затраты на него выходят за рамки установленного бюджета по данной статье расходов, и среднюю стойкость по заводу повысили до 120 мин.

Из приведенного примера следует, что даже одно из крупнейших предприятий Украины (располагающее одними из лучших кадров в стране и собственной лабораторией резания) не способно ответить на вопрос: какие режимы резания должны использоваться в металлообработке для достижения максимальной эффективности обработки.

Это связано с тем, что при расчете режимов резания рассматриваются технологические параметры и не рассматриваются экономические статьи затрат: затраты на инструмент (сменную пластину, державку, оснастку) и заработную плату рабочего (с учетом премий, налогов и сборов). Их учет позволил бы установить режимы резания, обеспечивающие минимальную себестоимость

обработки и максимально возможную производительность при одновременном достижении высокого качества обрабатываемых поверхностей.

Возможность применения различных режимов резания на практике обусловлена наличием широкого диапазона режимов резания, при которых используемое оборудование способно выполнять обработку с допустимой нагрузкой.

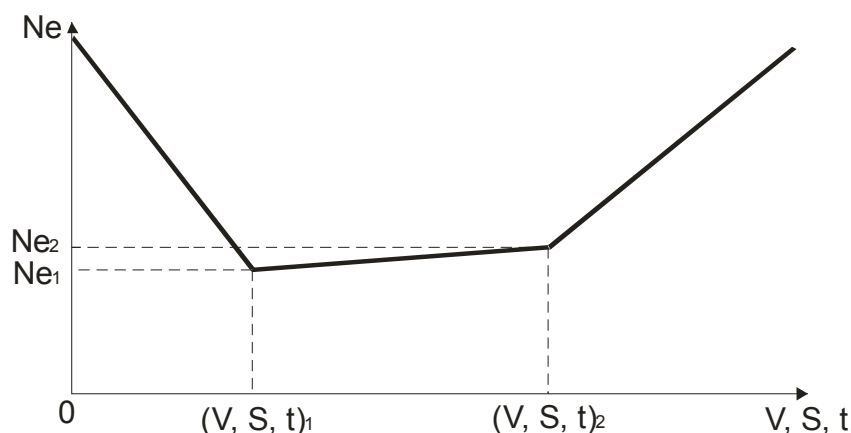


Рисунок 1 – Зависимость нагрузки на оборудование от режимов резания

На рис. 1 показана зависимость изменения нагрузки на привод оборудования от изменения режимов резания. Как видно, в диапазоне $0 \dots (V, S, t)_1$ нагрузка высокая, однако резко снижается с увеличением параметров режимов резания. В этом диапазоне происходит процесс обработки, близкий к процессу строгания с относительно небольшой температурой резания. После достижения режимов резания $(V, S, t)_1$ процесс строгания переходит в процесс интенсивного резания из-за чего нагрузка существенно уменьшается до значения Ne_1 [1]. В диапазоне режимов резания $(V, S, t)_1 \dots (V, S, t)_2$ нагрузка практически не изменяется. После достижения режимов резания $(V, S, t)_2$ происходит переход в область высокоскоростного резания, которое характеризуется высокой температурой резания и повышенной нагрузкой. Этот диапазон эффективно использовать при высоких показателях жесткости оборудования и инструментов, что, к сожалению, редко встречается на украинских предприятиях. Исходя из этого, эффективно производить обработку в диапазоне режимов резания $(V, S, t)_1 \dots (V, S, t)_2$. В зависимости от применяемого оборудования, инструмента и обрабатываемого материала диапазон режимов резания $(V, S, t)_1 \dots (V, S, t)_2$ может смещаться в область меньших или больших значений (влево или вправо), а так же сжимается или расширяется.

При испытаниях, проведенных в ПАО «Волчанский агрегатный завод» на фрезерном станке Spinner с использованием инструмента (фрезы) производства фирмы Iscar, получены следующие результаты (табл. 1).

Как следует из табл. 1, при уменьшении частоты вращения инструмента (фрезы) с 1200 до 1080 об/мин (на 10 %) нагрузка практически не изменилась, а при уменьшении частоты вращения инструмента с 1200 до 960 об/мин (на 20 %) – нагрузка значительно увеличилась (приблизительно в 2 раза).

Полученные данные подтверждаются и визуально: при уменьшении частоты вращения инструмента на 10% вибрации, отдаваемые в пол, не изменились, но при уменьшении частоты вращения инструмента на 20 % – они в значительной степени увеличились.

Таблица 1 – Результаты испытаний, проведенных в ПАО «ВАЗ»

№	Частота вращения инструмента, об/мин	Подача, мм/мин	Глубина резания, мм	Нагрузка на привод, %
1	1200	480	4,0	30-40
2	1080	480	4,0	30-40
3	960	480	4,0	70-80

Проведенные испытания показали, что первоначально были выбраны разные режимы резания относительно кривой, представленной на рис. 1. Так, при первом испытании с уменьшением частоты вращения инструмента (фрезы) с 1200 об/мин до 1080 об/мин (на 10%) нагрузка на привод не вышла за пределы работоспособных режимов резания $(V, S, t)_1 \dots (V, S, t)_2$. При втором испытании с уменьшением частоты вращения инструмента (фрезы) с 1200 об/мин до 960 об/мин (на 20%) нагрузка на привод вышла за пределы работоспособных режимов резания $(V, S, t)_1 \dots (V, S, t)_2$.

При испытаниях, проведенных в ООО «ТЦ «ВариУс» на токарном станке Doosan с использованием инструмента (резца) производства фирмы TaeguTec (при условии обеспечения одинаковой производительности обработки), получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты испытаний, проведенных в ООО «ТЦ «ВариУс»

№	Скорость резания, м/мин	Подача, об/мм	Глубина резания, мм	Нагрузка на привод, %
1	180	0,12	1,0	13-14
2	144	0,144	1,0	12-13
3	216	0,096	1,0	12-14

В этом случае уменьшение скорости резания с 180 до 144 м/мин (на 20 %) и увеличение скорости резания с 180 до 216 м/мин (на 20 %) – не привело к значительному увеличению силы резания. Это означает, что все 3 режима резания находятся в диапазоне $(V, S, t)_1 \dots (V, S, t)_2$.

На практике технологи стремятся попасть в рабочий диапазон режимов резания, но после попадания в него не стремятся найти наиболее эффективную точку в этом диапазоне.

Если же рассматривать выше приведенный пример со значениями стойкости инструмента 45 мин и 120 мин, то они попадают в диапазон режимов резания $(V, S, t)_1 \dots (V, S, t)_2$, который обеспечивает диапазон стойкости $T_1 \dots T_2$ (рис. 2). Однако при этом нет уверенности, что стойкость 120 мин является максимально эффективной.

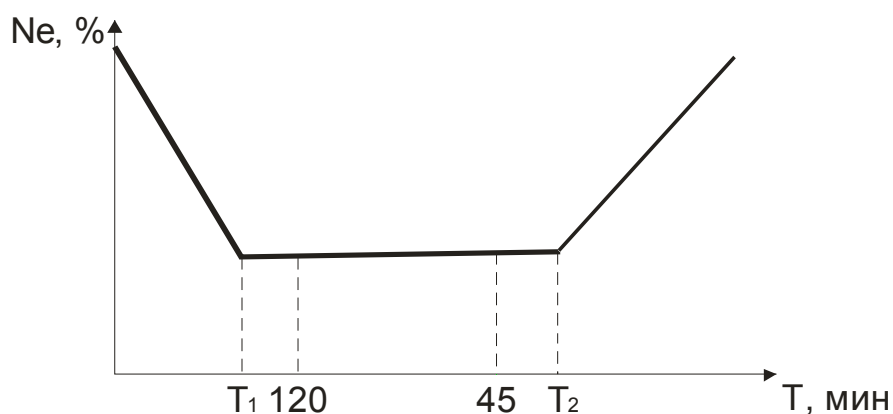


Рисунок 2 – Нагрузка на оборудования при разной стойкости инструмента

Установление нормативной величины стойкости инструмента для всех технологических операций, осуществляемых на предприятии, не совсем правильно, т.к. режимы резания в меньшей степени влияют на силу резания по сравнению с обрабатываемостью материала и типом инструмента.

Для эффективной обработки необходимо для каждой операции рассчитывать режимы резания с учетом таких параметров, как цена инструмента, заработная плата рабочего, обрабатываемость материала. После же получения нормативной стойкости для конкретной операции можно установить максимальную производительность с учетом кривой, представленной на рис. 1.

К сожалению, вопрос определения диапазона режимов резания $(V, S, t)_1$... $(V, S, t)_2$ (рис. 1) в литературе не описан. Так же нет точной информации, от чего конкретно зависит резкое изменение нагрузки на привод станка в точках $(V, S, t)_1$ и $(V, S, t)_2$ (рис. 1).

При этом практически полностью изучен вопрос корректировки режимов резания для достижения необходимой стойкости инструмента без потери производительности.

Таблица 3 – Результаты испытаний, проведенных в ООО «ТЦ «ВариУс»

№	Скорость резания, м/мин	Подача, об/мм	Глубина резания, мм	Износ инструмента по задней поверхности, мм
1	180	0,12	1,0	0,209
2	144	0,144	1,0	0,122
3	216	0,096	1,0	0,245

При испытаниях, проведенных в ООО «ТЦ «ВариУс» на токарном станке Doosan с использованием инструмента TaeguTec, проверялась так же возможность повышения стойкости инструмента при одинаковой производительности. Обработка проводилась в течение 31 мин. Как видно, меньший износ инструмента, также как и наименьшая нагрузка на привод, достигался при скорости резания 144 м/мин (табл. 3).

Аналогичные испытания проводились в ПАО «Волчанский агрегатный завод» на фрезерном станке Spinner с использованием инструмента Iscar (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты испытаний, проведенных в ПАО «ВАЗ»

№	Частота вращения инструмента, об/мин	Подача, мм/мин	Глубина резания, мм	Нагрузка на привод в начале испытания, %	Нагрузка на привод через 13 мин, %
1	1200	480	4,0	30–40	70–80
2	1080	480	4,0	30–40	40–45

Как показали испытания, за счет изменения скорости резания и подачи возможно увеличение или уменьшение стойкости инструмента. При испытаниях, проведенных в ООО «ТЦ «ВариУс», за счет уменьшения скорости резания на 20 % и повышения на 20 % подачи, удалось уменьшить износ инструмента на 58 % и тем самым повысить эффективность обработки. Испытания также показали, что коэффициент влияния скорости резания на стойкость инструмента волнообразный и зависит от конкретной величины скорости резания.

Согласно теории резания металлов, при увеличении износа инструмента увеличивается сила резания. Как видно из результатов испытаний, проведенных в ПАО «ВАЗ», за счет корректировки режимов резания удалось уменьшить рост нагрузки на привод станка со 110 % до 20 %. Это означает, что интенсивность износа инструмента значительно уменьшилась.

Согласно данным, полученным при испытаниях, можно сделать вывод, что в настоящее время применяемые на предприятиях режимы резания для импортного лезвийного инструмента малоэффективны, т.к. их незначительное изменение позволяет увеличить экономическую эффективность обработки. Ограничениями по изменению режимов резания в основном выступает сила резания, которая имеет разную интенсивность роста в зависимости от режимов резания. При этом существует широкий диапазон режимов резания, способных обеспечить нормальную обработку деталей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бобров В. Ф. Основы теории резания металлов / В.Ф. Бобров. – М.: Машиностроение, 1975. – 343 с.
2. Оспищева А.К. Обоснование условий управления технологической себестоимостью промышленной продукции / А.К. Оспищева, Д.Ф. Новиков // Физические и компьютерные технологии: труды 21-й междунар. научн.-практ. конф. – Днепропетровск: ЛІРА, 2016. – С. 258-260.
3. Кленов О.С. Условия эффективного применения современных режущих инструментов на машиностроительных предприятиях / О.С. Кленов, Д.Ф. Новиков // Сучасні системи технологій у машинобудуванні. Збірник наукових праць, присвячених 90-річчю з дня народження професора Одеського національного політехнічного університету (ОНПУ) Якимова О.В. – Дніпропетровськ: ЛІРА, 2015. – С. 188-192.