

УЧЕТ СВОЙСТВ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА СБОРНЫХ ТОКАРНЫХ РЕЗЦОВ

М.С. Остапенко, Д.С. Василега

Тюменский государственный нефтегазовый университет
E-mail: ms_ostapenko@mail.ru

Обоснована необходимость введения в номенклатуру показателей качества сборных токарных резцов показателей надежности: коэффициента температурной совместимости и коэффициента напряженности. Приведены способы расчета введенных коэффициентов.

Ключевые слова:

Управление качеством, квалиметрия, металлорежущий инструмент, температура резания, надежность.

Key words:

Quality management, qualimetry, metal-cutting tool, cutting temperature, reliability.

На сегодняшний день существует номенклатура показателей качества инструмента металло- и дереворежущего лезвийного (ГОСТ 4.442-86), в которой показатели надежности учитываются как средний период стойкости (безотказность) и установленный период стойкости (безотказность). Но надежность изделия – это комплексное свойство, которое в зависимости от назначения и условий эксплуатации может включать: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость, устойчивость работы, режимную управляемость, живучесть и тому подобное. Поэтому рассматривать надежность как единичный показатель качества мы не можем.

Наиболее распространенный в практической квалиметрии способ учета свойств надежности заключается в том, что надежность учитывается на тех же условиях, что и другие показатели, совокупность которых составляет качество. Однако, как показывают исследования многих ученых в области квалиметрии [1–3], такой подход принципиально неприемлем по ряду причин.

Не всегда удается включить в расчет все свойства, определяющие надежность и, что самое главное, надежность не нужна сама по себе. Это не цель, а средство обеспечения проявления (реализации, существования) тех свойств, ради которых продукция (или услуга) и создавалась, то есть свойств функциональности.

По указанным выше причинам, надежность должна учитываться в виде коэффициента надежности. Этот коэффициент изменяется от 0 до 1 и должен умножаться на ту функцию свертки, с помощью которой, учитываются остальные свойства. Для металлорежущего инструмента можно выделить основные показатели надежности, такие как путь резания (долговечность) и безотказность.

В работах А.М. Розенберга и А.Н. Еремина [5], С.С. Силина [6], А.Д. Макарова [7], И.С. Праведникова, Е.В. Артамонова, В.П. Астахова [8] показано, что определяющим в процессе резания является температурный фактор. Это объясняется тем, что физико-механические характеристики обрабатываемых и инструментальных материалов суще-

ственно изменяются в зависимости от температуры. У инструментальных твердых сплавов изменения коэффициента интенсивности напряжений K_{IC} и ударной вязкости KCV в зависимости от температуры носят экстремальный характер. То же самое справедливо и для обрабатываемых материалов, например, для таких параметров, как относительное удлинение; относительное сужение; коэффициент температурного (линейного) расширения; удельная теплоемкость материала; коэффициент теплопроводности (теплоемкость материала) [4].

В результате проведенных нами исследований показано, что каждый обрабатываемый материал имеет свою температуру максимальной обрабатываемости $\Theta_{м.о.}$, при которой наблюдаются минимальные нагрузки на инструмент и минимальная шероховатость обработанной поверхности. Данную температуру можно определять по изменениям физико-механических характеристик материалов в зависимости от температуры. В свою очередь, каждый инструментальный материал имеет свою температуру максимальной работоспособности $\Theta_{м.р.}$, при которой повышается его способность противостоять нагрузкам, соответственно уменьшается износ и повышается надежность. На основании этого можно сделать вывод о том, что при обработке материалов резанием идеальным будет вариант совпадения этих температур.

Этого можно добиться выбором соответствующего инструментального материала и поддержанием необходимой температуры в зоне резания (назначением соответствующих режимов). Для того, чтобы учесть проблему правильного выбора инструментального твердого сплава при оценке качества сборных токарных резцов, от которого существенно зависят показатели надежности – стойкость (путь резания) и безотказность, предложено ввести коэффициент температурной совместимости $K_{т.с.}$ обрабатываемого материала и инструментального твердого сплава.

Коэффициент температурной совместимости

$$K_{т.с.} = \left(\frac{\Theta_{м.р.}}{\Theta_{м.о.}} \right)^n,$$

где $\Theta_{м.р.}$ и $\Theta_{м.о.}$ – температура максимальной работоспособности твердого сплава и обрабатываемости материала; $n=3$ при $\Theta_{м.р.} < \Theta_{м.о.}$, $n=-3$ при $\Theta_{м.о.} < \Theta_{м.р.}$.

Подробно методика нахождения $\Theta_{м.р.}$ и $\Theta_{м.о.}$ рассмотрена в работе [4]. Так же, на показатели надежности существенно влияют геометрические характеристики и схемы базирования и крепления, их предлагается учесть при оценке качества сборных токарных резцов с помощью коэффициента напряженности K_n .

Показатель «коэффициент напряженности» введен в номенклатуру единичных показателей качества для получения обобщенной оценки надежности конструкции инструмента с точки зрения интенсивности напряжений, возникающих в режущей пластине.

Установлены факторы, влияющие на интенсивность напряжений в режущей пластине:

1. Наличие прижима в угловой паз.
2. Наличие прижима по опорной поверхности (первые два пункта зависят от схемы базирования и крепления пластины).
3. Угол в плане φ .
4. Угол при вершине ε .
5. Толщина пластины.
6. Наличие твердосплавной подложки и ее толщина.

Соответственно, коэффициент напряженности можно представить в следующем виде: $K_n = k_{пз} k_{по} k_{\varphi} k_{\varepsilon} k_{тп}$, где $k_{пз}$ – коэффициент поджима в угловой паз (зависит от схемы базирования и крепления пластины).

Таблица 1. Значения коэффициента поджима в угловой паз $k_{пз}$

Схема базирования и крепления пластины					
Система крепления по ISO	C	P	S	M	Нет
$k_{пз}$	0,56	1,00	1,00	1,00	0,56

Таблица 2. Значения коэффициента прижима по опорной поверхности $k_{по}$

Схема базирования и крепления пластины					
Система крепления по ISO	C	P	S	M	Нет
$k_{по}$	1,00	0,25	1,00	1,00	0,25

1. Значения коэффициента поджима в угловой паз $k_{пз}$ для различных схем базирования и крепления экспертным методом приведены в табл. 1.

2. $k_{по}$ – коэффициент прижима по опорной поверхности (зависит от схемы базирования и крепления пластины).

От действия на режущую пластину силовых нагрузок, возникающих при резании, происходит деформация опорной зоны корпуса инструмента. С прижимом пластины по опорной поверхности снижается уровень напряжений, а следовательно, и деформаций на задней грани державки.

Значения коэффициента прижима по опорной поверхности $k_{по}$ для различных схем базирования и крепления экспертным методом приведены в табл. 2.

3. k_{φ} – коэффициент угла в плане φ .

Наиболее часто применяемые углы в плане φ 45°, 60°, 75°, 90°. Для круглых пластин этот угол равен 0°.

На основании анализа работ по исследованию влияния угла в плане на напряженно-деформированное состояние СМП экспертным методом были установлены следующие коэффициенты:

Таблица 3. Значения коэффициента угла в плане k_{φ}

φ	0°	45°	60°	75°	90°
k_{φ}	1	0,53	0,21	0,13	0,06

4. k_{ε} – коэффициент угла при вершине ε .

Наиболее существенное влияние на напряженно-деформированное состояние сменной пластины

оказывает угол при вершине ε . На основании анализа исследований влияния угла при вершине ε на напряженно-деформированное состояние сменной пластины были установлены коэффициенты угла при вершине ε (табл. 4).

Таблица 4. Значения коэффициента угла при вершине резца k_ε

k_ε	0,18	0,20	0,28	0,29	0,30	0,60	0,64	0,68	1,0
ε	55°	60°	80°	85°	90°	108°	110°	120°	180°

5. Толщина пластины.

Толщина пластины существенно влияет на распределение напряжений по задней грани. В тонких пластинах напряжения, возникающие в опорной зоне от контакта режущей пластины с державкой резца, оказывают заметное влияние на распределение напряжений на передней и задней гранях.

Согласно работе [9], толщина пластины связана с подачей резания соотношением $t=(8...12)S$. Увеличение толщины пластины выше этого значения не приводит к возрастанию ее прочности. Существующие исследования по определению влияния толщины СМП на их напряженное состояние хорошо согласуются с выводами в указанных работах.

Таким образом, при толщине пластины $t=(8...12)S$ коэффициент принимается равным 1, при $t<(8...12)S$ принимается 0,5.

6. Наличие твердосплавной подложки и ее толщина.

Как известно, выход из строя режущих пластин возникает за счет деформаций опорной зоны корпуса, которая теряет плоскостность под нагрузкой. Режущие пластины из твердого сплава, характеризующегося высокой твердостью и хрупкостью, плохо работают на изгиб и не способны принять форму деформированной опорной поверхности корпуса инструмента. При $l/t=1$ деформации и напряжения в державке минимальны. Поэтому для уменьшения деформаций опорной зоны корпуса инструмента необходимо под сменную пластину ставить опорную пластину толщиной $t_1=(0,8...1,1)t$ из твердого сплава или закаленных сталей.

Таким образом, при толщине опорной пластины $t_1=(0,8...1,1)t$ коэффициент принимается равным 1, при $t_1<(0,8...1,1)t$ или отсутствии подложки принимается 0,5.

Выводы

Обоснована необходимость расширения номенклатуры показателей качества сборных токарных резцов, в частности, дополнения ее такими составляющими показателя надежности, как коэффициент температурной совместимости и коэффициент напряженности. Приведены способы расчета вводимых коэффициентов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Азгальдов Г.Г., Зорин В.А., Павлов А.П. Квалиметрия для инженеров-механиков. – М.: МАДИ, 2006. – 220 с.
2. Гличев А.В., Погожев И.Б., Шор Я.Б., Азгальдов Г.Г. Квалиметрия (ее содержание, задачи и методы // Стандарты и качество. – 1970. – № 11. – С. 30–34.
3. Федюкин В.К. Квалиметрия. Измерение качества промышленной продукции. – М.: КноРус, 2009. – 320 с.
4. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Остапенко М.С., Шрайнер В.А. Работоспособность инструментов и физико-механические характеристики инструментальных твердых сплавов и обрабатываемых материалов / под общей ред. М.Х. Утешева. – Тюмень: Изд-во «Вектор Бук», 2008. – 160 с.
5. Розенберг А.М., Еремин А.Н. Элементы теории процесса резания металлов. – М.: Машгиз, 1956. – 319 с.
6. Силин С.С. Метод подобия при резании металлов. – М.: Машиностроение, 1979. – 152 с.
7. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.
8. Astakhov V.P. Experimental investigation of the effect of cutting depth, tool rake angle and workpiece material type on the main cutting force during a turning process. 2006. URL: <http://www.astvik.com/publications/> (дата обращения 12.08.2009).
9. Режимы резания труднообрабатываемых материалов: Справочник / Я.Л. Гуревич, М.В. Горохов, В.И. Захаров и др. – М.: Машиностроение, 1986. – 240 с.

Поступила 05.07.2010 г.