

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОЙ СКОРОСТИ РЕЗАНИЯ СБОРНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ НА ОСНОВЕ ОЦЕНКИ РИСКОВ НИЗКОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ МАТЕРИАЛА И ПОТЕРИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

© 2024 Е.В. Артамонов, М.С. Остапенко, Н.А. Василега

Тюменский индустриальный университет г. Тюмень, Россия

Статья поступила в редакцию 15.02.2024

В статье приводятся способ определения эффективной скорости резания в результате применения разработанного ранее метода оценки рисков и возможностей при эксплуатации сборных режущих инструментов, который позволил выявить риски низкой обрабатываемости материала и потери работоспособности режущего инструмента. Произведена оценка этих рисков для конкретной технологической операции. В результате реализации метода выбран наиболее подходящий инструментальный твердый сплав, подобраны эффективные режимы резания на основе оценки риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности режущего инструмента.
Ключевые слова: сборный режущий инструмент, скорость резания, температура максимальной работоспособности, температура максимальной обрабатываемости, режимы резания, температура обработки, риск, возможность.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-1-81-91

EDN: KEJSLP

ВВЕДЕНИЕ

Процесс обработки металла резанием сложный и многофакторный. Для его стабильного протекания необходимо установление эффективных параметров, способствующих снижению интенсивности износа инструмента. Согласно исследованиям [1-3], наибольшее влияние на работоспособность режущего инструмента из твердых сплавов оказывает температура резания. Фактором, оказывающим наибольшее влияние на температуру, является скорость резания. Ее повышение или уменьшение относительно оптимальных значений приводит к снижению работоспособности сборного инструмента со сменными твердосплавными пластинами (СТП). Вследствие чего возникают различные риски, наступление которых приводит к значительным финансовым затратам. Если учитывать, что риски – это следствие влияния неопределенности на достижение результата, то их последствия могут носить как отрицательный, так и положительный характер.

Для выявления и оценки, а также дельнейшего управления техническими рисками на предприятиях машиностроительной отрасли применяются различные методы оценки рисков. Для

определения наиболее востребованных из них был проведен анализ данных полученных в результате опроса представителей более тридцати компаний и организаций машиностроения, результаты которого представлены на рисунке 1.

Согласно представленным данным, наиболее часто применяемым методом оценки рисков на машиностроительных предприятиях является метод анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA), его используют почти в 80% случаев. Такая востребованность объясняется значительной эффективностью результатов применения FMEA не только в машиностроении, но и в других отраслях промышленности, что показывают результаты опроса представителей 150 компаний и организаций в сфере транспорта, машиностроения, металлургии и нефтегазового сектора, представленные на рисунке 2. На сегодняшний день метод анализа видов и последствий потенциальных отказов активно используют на предприятиях нефтегазовой отрасли, в металлургии и транспортном секторе.

Для проведения FMEA организуется рабочая группа из экспертов, владеющих достаточным опытом и знаниями, позволяющими выявить потенциальные несоответствия в заданных условиях, вероятность их наступления и, в случае этого, тяжесть последствий. При этом эксперты рабочей группы дают количественную оценку не только критичности риска, в случае его наступления, но и вероятности этого события и возможности его обнаружения. В результате перемножения этих оценок получают общее значение приоритетного числа риска (ПЧР). Но,

Артамонов Евгений Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой станков и инструментов. E-mail: artamonov@tyuiu.ru

Остапенко Мария Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры станков и инструментов. E-mail: ms_ostapenko@mail.ru

Василега Наталья Александровна, аспирант кафедры станков и инструментов. E-mail: natashavasilega@mail.ru

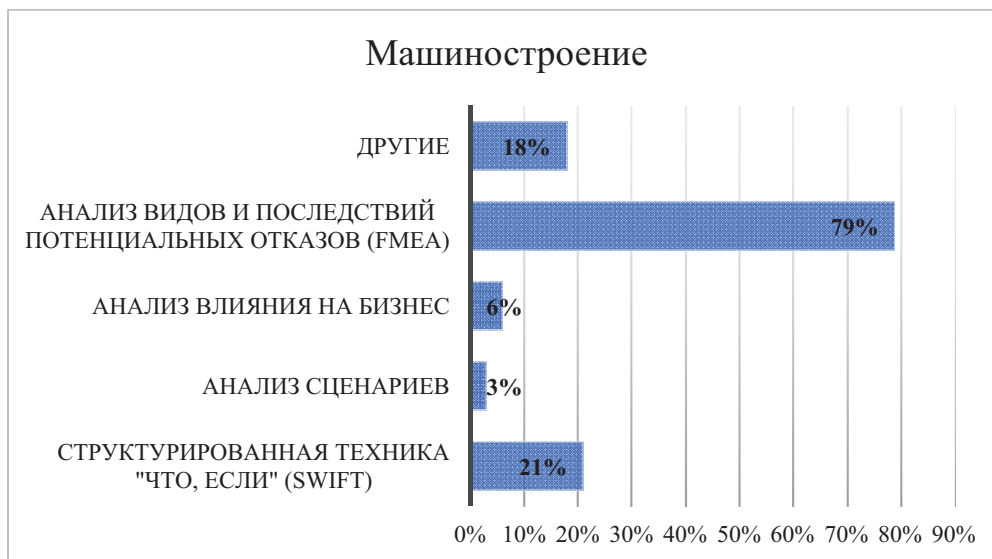


Рис. 1. Методы оценки рисков, применяемые в машиностроении

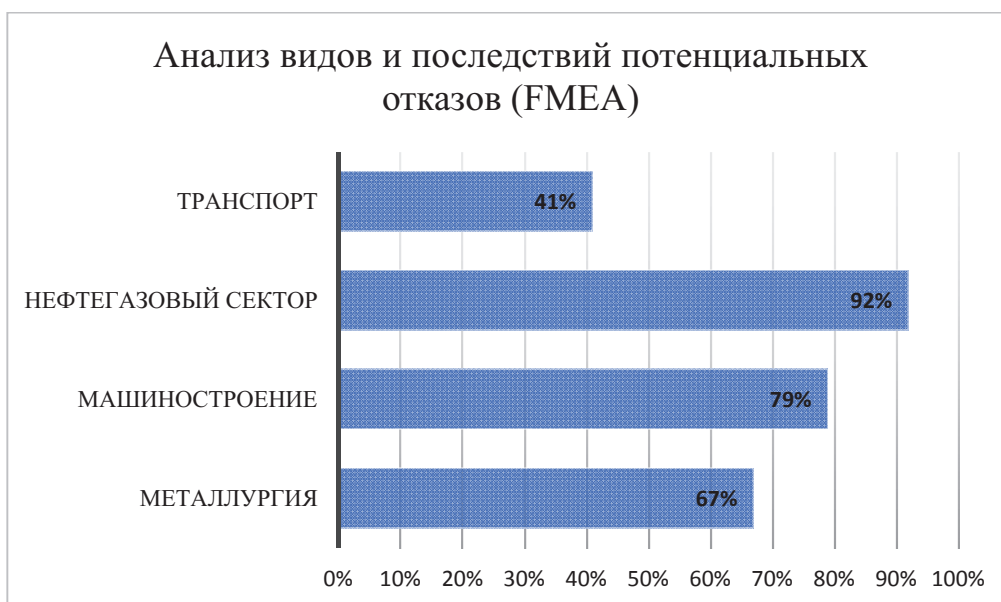


Рис. 2. Применение метода FMEA в различных отраслях

зачастую, при осуществлении данного метода оценки рисков для определенных процессов, вычисление ПЧР не всегда отражает реальный уровень критичности наступления того или иного события, а также его влияние на процесс либо в отрицательную, либо в положительную сторону. И для того, чтобы в полной мере оценить риски и их последствия может потребоваться учет дополнительных факторов и процедур [4,5].

При оценке вероятности возникновения потенциальных отказов в процессе обработки металла резанием, и выявлении их последствий, зачастую требуется проведение дополнительного анализа. Так как в результате оценки риска могут быть выявлены его положительные последствия – возможности, управляя которыми можно повлиять на повышение эффективности использования и производительности режу-

щего инструмента, необходимо провести комплексную оценку всех вероятных последствий с возможностью численной интерпретации.

Чтобы предотвратить рискованные ситуации и реализовать возможности в процессе резания с использованием сборных режущих инструментов, был адаптирован метод, позволяющий одновременно оценивать риски и возможности (РиВ), разработанный на основе наиболее востребованного метода оценки рисков – анализа видов и последствий потенциальных отказов (FMEA). Данный метод позволяет предотвратить появление катастрофических отказов, а также выявить возможности, возникающие в процессе резания для установления эффективных параметров работы инструмента.

Для этого следует учитывать, что характеристики инструментального твердого сплава тес-

но связаны с характеристиками обрабатываемого материала и определенный набор условий, наиболее соответствующих для пары инструментальный – обрабатываемый материал, обеспечивает их эффективную работу.

Каждый инструментальный твердый сплав имеет свою температуру максимальной работоспособности, или диапазон температур, в котором обеспечивается надежная работа режущего инструмента. При этом и обрабатываемый материал также имеет свою оптимальную температуру, обеспечивающую максимальную обрабатываемость. Соблюдение предельных значений температур в процессе обработки металлов резанием обеспечивает надежность работы режущих инструментов. Такое состояние режущего инструмента характеризуется отсутствием внезапных и постепенных отказов и обеспечивает его работоспособное состояние на заданный период времени. При этом необходимо соблюдение установленных условий и требований, предъявляемых к состоянию режущего лезвия инструмента в ходе выполнения обработки металлов резанием, которое характеризуется совокупностью значений его параметров, таких как значение заднего и переднего углов, износа по задней поверхности лезвия и др. К условиям обработки можно отнести обрабатываемый материал с учетом его свойств, технологическое оборудование, назначенные режимы резания, порядок технического обслуживания, восстановления и ремонта [6].

Для назначения режимов резания и выбора инструментального материала при лезвийной механической обработке может быть использована методика определения оптимальной скорости резания, обеспечивающая минимальную интенсивность износа и максимальную работоспособность режущего инструмента со сменными твердосплавными пластинами, а также максимальную обрабатываемость материала [7]. Что позволит снизить вероятность возникновения риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности инструмента с СПП из инструментального твердого сплава.

На сегодняшний день известны ряд методик определения оптимальной скорости резания. Можно выделить способы определения по графикам зависимостей различных параметров от скорости резания, а также методики на основе проведения кратковременных стандартных испытаний по измерению твердости образцов при различных температурах, включающие определение температуры резания при различных скоростях и построение соответствующих графиков. Однако у данных методик существует ряд недостатков, таких как остановка процесса резания для промежуточных измерений и применение дополнительных контролирующих

приборов и приспособлений. В том числе использование разрушающих методов контроля с изготовлением специальных образцов [8-13].

С учетом вышесказанного, а также для предотвращения дополнительных финансовых и временных затрат, целью работы является апробация метода оценки рисков и возможностей при оценке риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности режущего инструмента с целью определения эффективной скорости резания инструментами с твердосплавными пластинами и выбора инструментального твердого сплава, с использованием бесконтактного метода определения температур максимальной работоспособности инструментального твердого сплава и максимальной обрабатываемости материала. Для этого в основе определения оптимальной скорости резания будет использован метод оценки рисков и возможностей [14,15], который позволит определить ранг тяжести последствий (S) риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности инструментального твердого сплава, а также вероятность возникновения (O) риска или возможности для дальнейшей интерпретации его уровня и ранжирования.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В целом метод определения оптимальной скорости резания сборным режущим инструментом с твердосплавными пластинами на основе оценки риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности режущего инструмента включает:

- проведение измерения температуры обработки (Θ_{\circ}) в зоне контакта инструментальный - обрабатываемый материал;
- определение температуры максимальной обрабатываемости образца из сплава 10X11H23T3MP ($\Theta_{\text{мо}}$);
- определение температуры максимальной работоспособности инструментального твердого сплава ($\Theta_{\text{мп}}$);
- оценка риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности инструментального твердого сплава (для этого определяется тяжесть последствий риска или возможности S на основе полученных данных температуры обработки, температуры максимальной работоспособности и температуры максимальной обрабатываемости);
- определение вероятности возникновения (O) риска или возможности с помощью установления модуля разности температур $|\Theta_{\text{мп}} - \Theta_{\text{мо}}|$ на основе ранее полученных данных;
- расчет значения риска и возможности LRO на основе полученных данных тяжести последствий и вероятности возникновения;

- интерпретация полученных значений LRO в соответствии с блок-схемой;
- сопоставление характеристик обрабатываемого материала и инструментального твердого сплава с последующим выбором наиболее соответствующих друг другу;
- установление эффективной температуры обработки и эффективной скорости резания.

В качестве структурно-чувствительной характеристики для бесконтактного определения критических температур, таких как температура максимальной работоспособности ($\Theta_{\text{мр}}$) инструментального твердого сплава и температура максимальной обрабатываемости ($\Theta_{\text{мо}}$) материала, используют коэффициент температуропроводности.

В данном исследовании способ определения эффективной скорости резания применяется при оценке технологического процесса обработки резанием деталей. Материал заготовок – сплав 10X11H23T3MP. Инструмент – токарный резец со следующими параметрами: угол в плане $\phi = \phi_1 = 45^\circ$, задний угол $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; передний угол $\gamma = 0^\circ$; угол наклона главного лезвия $\lambda = 0^\circ$; радиус при вершине $r = 0,5$ мм. Материал сменных твердосплавных пластин – BK10. Подача $s = 0,09$ мм/об. Скорость резания $v = 22$ м/мин. Резец и пластина используемые при обработке детали из сплава 10X11H23T3MP представлены на рисунке 3.



Рис. 3. Сборный токарный резец и СТП, используемые при обработке сплава 10X11H23T3MP

Эксперименты по обработке проводятся для определения количества обработанных деталей до предельного износа по задней поверхности или потери работоспособности СТП. Износ по задней поверхности измеряется от исходной режущей кромки с помощью программного обеспечения для обработки изображений после получения снимков с помощью малого инструментального микроскопа и видео окуляра. Малый инструментальный микроскоп и пример измерения износа по задней поверхности представлены на рисунке 4.



Рис. 4. Малый инструментальный микроскоп и пример измерения износа по задней поверхности

Износ по задней поверхности каждой пластины измеряется после обработки каждых двух заготовок, и процедура продолжается до тех пор, пока износ по задней поверхности не достигнет 2/3 от предельного или не будут достигнуты критерии потери работоспособности инструмента. После достижения величины 2/3 предельного износа по задней поверхности измерения проводятся после обработки каждой заготовки, чтобы получить более точные данные по количеству деталей, обработанных каждой пластиной.

КРИТЕРИИ ПОТЕРИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ИНСТРУМЕНТА

Для определения потери работоспособности инструмента было установлено несколько критериев:

- максимально допустимый износ по задней поверхности составляет 0,2 мм;
- максимальный скол на задней поверхности до 0,2 мм;
- катастрофическое разрушение режущей кромки;
- высокий уровень шума при обработке.

Основным критерием окончания срока службы инструмента является износ по задней поверхности, однако другие критерии имеют значение для определенных условий обработки.

Стоит отметить, что при проведении данного эксперимента во всех случаях критерием потери работоспособности инструмента был максимально допустимый износ по задней поверхности и потери работоспособности инструмента по другим критериям не выявлено.

Результаты обработки деталей сборным инструментом с каждой из двадцати СТП из сплава BK10 до предельного износа (разрушения) представлены на рисунке 5.

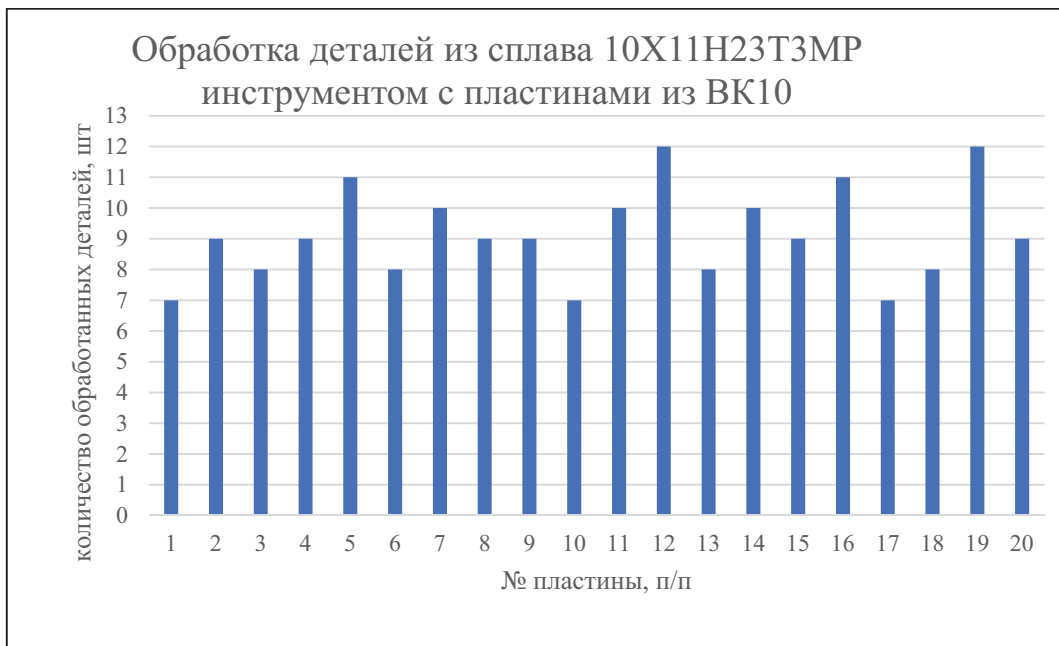


Рис. 5. Данные обработки деталей сборным инструментом из ВК10

Согласно данным рисунка, при обработке деталей из сплава 10X11H23T3MP каждой из двадцати СТП с указанными параметрами, может быть обработано от 7 до 12 деталей до наступления предельно допустимого износа или выхода из строя инструмента.

На пластинах из инструментального твердого сплава ВК10 потерявших работоспособность по критерию максимального износа по задней поверхности, как показано на рисунке 6, наблюдается неравномерность износа.

Для оценки полученных данных возможно использовать методы параметрической статистики. В данном случае ширину распределения полученных значений работы инструмента можно оценить при помощи среднеквадратического отклонения с учетом дисперсии данных по формуле:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}, \quad (1)$$

где n – число измерений,

\bar{x} – среднеарифметическое значение результатов n измерений.

При этом коэффициент вариации, определяется по формуле:

$$v = \frac{s}{\bar{x}} \times 100\%, \quad (2)$$

В нашем случае среднеквадратическое отклонение составит $s=1,531$, а значение коэффициента вариации $v=16\%$, что говорит о среднем значении разнообразия признаков. Следовательно, есть необходимость изменить ряд параметров процесса обработки детали с целью повышения его эффективности.

Для этого, в ходе осуществления метода для определения тяжести последствий (S) риска или возможности определяется температура обработки (Θ_0) с использованием устройства для тарирования естественной термопары, измерения сил резания и температуры в процессе резания [16]. В результате его применения полученная температура обработки составила $\Theta_0 = 605^\circ\text{C}$.

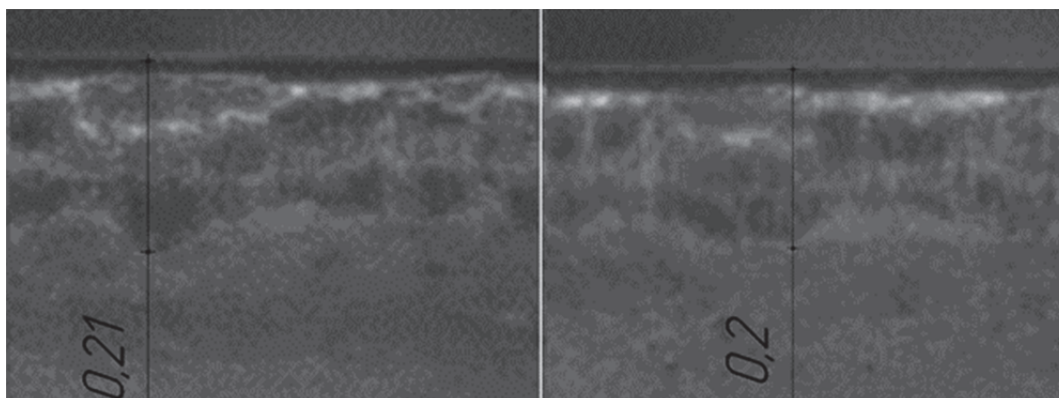


Рис. 6. Износ по задней поверхности пластин из сплава ВК10

Для определения температуры максимальной работоспособности и температуры максимальной обрабатываемости используется установка, которая включает: стол для исследуемого материала, источник предварительного нагрева поверхности в виде лазерного излучателя, а также источник локального нагрева, представленный лазерным излучателем, тепловизор, используемый для регистрации теплового поля на объекте исследований и компьютер, подключенный к излучателю и тепловизору.

С помощью указанной установки определяется температура максимальной обрабатываемости образца из сплава 10X11H23T3MP по провалу коэффициента температуропроводности в диапазоне температур от 600 до 1000 °С. В результате применения данной установки температура максимальной обрабатываемости для сплава 10X11H23T3MP составила $\Theta_{\text{мо}} = 748^\circ\text{C}$.

Температуру максимальной работоспособности инструментального твердого сплава BK10 определяют также используя описанную установку, поместив на стол для исследуемого материала сменную твердосплавную пластину из инструментального твердого сплава BK10. Измерение производится аналогичным образом в том же диапазоне температур. По провалу коэффициента температуропроводности также определяют температуру максимальной работоспособности инструментального твердого сплава, которая для сплава BK10 составила $\Theta_{\text{мп}} = 695^\circ\text{C}$.

С учетом полученных значений производится оценка риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности инструментального твердого сплава для реализации выбора и эффективной температуры обработки. Для этого определяется тяжесть последствий риска или возможности S на основе полученных данных температуры обработки (Θ_0), температуры максимальной работоспособности ($\Theta_{\text{мп}}$) и температуры максимальной обрабатываемости ($\Theta_{\text{мо}}$).

Значение разности температур $\Theta_0 - \Theta_{\text{мо}}$ используются для определения ранга тяжести последствий (S) для риска низкой обрабатываемости материала, при этом полученное положительное значение указывает на риск, а отрицательное значение указывает на возможность. В результате расчета значение разности температур получаем значение $\Theta_0 - \Theta_{\text{мо}} = -143^\circ\text{C}$. При сопоставлении полученного значения с рангом значимости S, представленным в таблице 1, определяем, что ранг тяжести последствий S = -6.

На основе полученных данных осуществляется поиск значения разности температур $\Theta_0 - \Theta_{\text{мп}}$ для определения ранга тяжести последствий (S) для риска потери работоспособности инструментального твердого сплава, при этом положительное значение также указывает на риск, отрица-

тельное значение указывает на возможность. Полученное в результате расчета значение разности температур составляет $\Theta_0 - \Theta_{\text{мп}} = -90^\circ\text{C}$, соответственно ранг тяжести последствий S = -4.

На следующем этапе определяется вероятность возникновения (O) риска или возможности с помощью установления модуля разности температур $|\Theta_{\text{мп}} - \Theta_{\text{мо}}|$ на основе ранее полученных данных температуры максимальной работоспособности ($\Theta_{\text{мп}}$) и температуры максимальной обрабатываемости ($\Theta_{\text{мо}}$). Полученные значения интерпретируются в соответствии с таблицей 2. В результате расчетов полученный модуль разности температур составит $|\Theta_{\text{мп}} - \Theta_{\text{мо}}| = 53^\circ\text{C}$. Согласно данным таблицы 2, данное значение температуры попадает в диапазон, соответствующий вероятности возникновения риска или возможности O = 3.

На основе полученных данных тяжести последствий и вероятности возникновения рассчитывается значение риска и возможности LRO по формуле:

$$\text{LRO} = O \times S, \quad (3)$$

где O – это ранг вероятности возникновения риска; S – это ранг тяжести последствий риска.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В результате расчетов получают значение риска и возможности низкой обрабатываемости материала LRO = -18. Значение риска и возможности потери работоспособности инструментального твердого сплава LRO = -12

Интерпретируем полученные значения риска (LRO) в соответствии с блок-схемой, представленной на рисунке 7.

Для этого необходимо знать установленные предельное положительное LROlim(pos) и отрицательное LROlim(neg) значения риска. Учитывая, что предельные значения LROlim(pos) = -10, LROlim(neg) = 10, значение риска и возможности низкой обрабатываемости материала LRO = -18 является приемлемым риском-возможностью и, соответственно, требуется доработка технологического процесса для реализации выявленной возможности. В этом случае может быть предложено увеличение скорости резания для обеспечения температуры максимальной обрабатываемости $\Theta_{\text{мо}} = 748^\circ\text{C}$.

Для интерпретации значения риска и возможности потери работоспособности инструментального твердого сплава, которое имеет значение LRO = -12, также сравниваем его с установленными предельными значениями. В результате сравнения видно, что риск также является приемлемым риском-возможностью и, соответственно, требуется доработка технологического процесса для реализации возможности. В данном случае предложено изменение

Таблица 1. Определение ранга тяжести последствий риска

Последствие	Ранг S	$\Theta_o - \Theta_{mo}$, (°C)
		$\Theta_o - \Theta_{mp}$, (°C)
Отсутствует	1	До 10
Очень незначительное	2	10-40
Незначительное	3	41-70
Очень слабое	4	71-100
Слабое	5	101-130
Умеренное	6	131-160
Важное	7	161-200
Очень важное	8	201-300
Опасное	9	301-400
Критическое	10	401-500
Отсутствует	-1	До -10
Очень незначительное	-2	-10-(-40)
Незначительное	-3	-41-(-70)
Очень слабое	-4	-71-(-100)
Слабое	-5	-101-(-130)
Умеренное	-6	-131-(-160)
Важное	-7	-161-(-200)
Очень важное	-8	-201-(-300)
Благоприятное	-9	-301-(-400)
Очень благоприятное	-10	-401-(-500)

инструментального твердого сплава на сплав ВК8, температура максимальной работоспособности которого $\Theta_{mp} = 750^\circ\text{C}$, что является наиболее близким значением к температуре максимальной обрабатываемости материала 10X11H23T3MP $\Theta_{mo} = 748^\circ\text{C}$.

На основе полученных данных определяем новую скорость резания инструментом оснащенным СТП (ВК8) данного обрабатываемого материала, обеспечивающую новую рекомендованную температуру обработки $\Theta_o = 748^\circ\text{C}$. В этом случае рекомендованная скорость резания $v = 32\text{ м/мин}$.

Результаты работы сборного режущего инструмента со сменными твердосплавными пластинами из сплава ВК8 с указанными параметрами и режимами резания представлены на рисунке 8.

На пластинах из инструментального твердого сплава ВК8, потерявших работоспособность по критерию максимального износа по задней поверхности при точении детали из сплава 10X11H23T3MP, как показано на рисунке 9, наблюдается значительно более равномерный износ чем при обработке этого материала пластинами из сплава ВК10.

Таблица 2. Определение ранга вероятности возникновения риска

Вероятность возникновения	Ранг O	$ \Theta_{mp} - \Theta_{mo} , (^\circ C)$
Малая	1	До 10
Низкая	2	10-40
	3	41-70
Умеренная	4	71-100
	5	101-130
	6	131-160
Высокая	7	161-200
	8	201-300
Очень высокая	9	301-400
	10	401-500

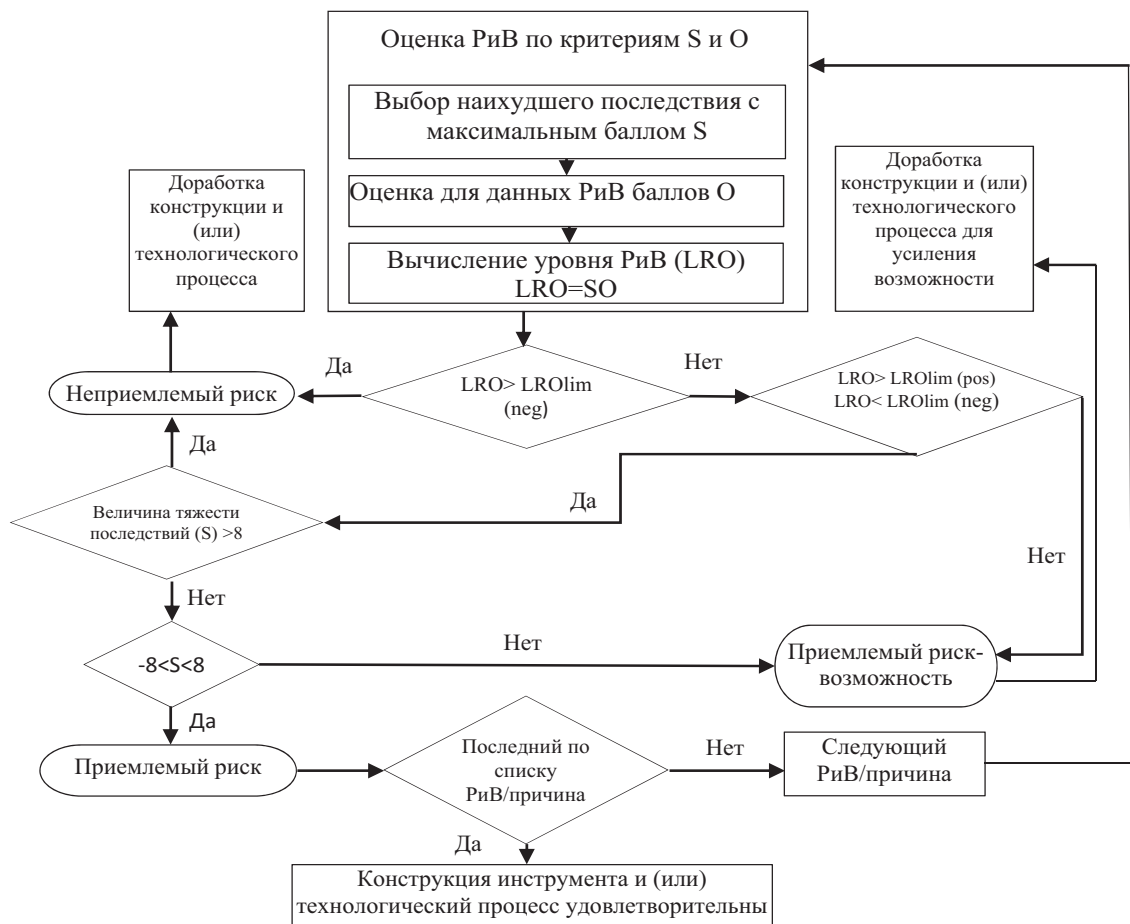


Рис. 7. Блок-схема интерпретации значения LRO

Оценка равномерности изнашивания проводилась сравнением коэффициентов $K_{ри}$. Данный коэффициент определялся для каждой пластины отношением площади фаски износа к площади определяемой максимальной вели-

ной фаски износа. У пластин из сплава BK10 значения коэффициента равномерности износа $K_{ри}$ варьировались от 0,82 до 0,849, в то время как у пластин из сплава BK8 значения данного коэффициента лежали в пределах от 0,8916 до 0,8973.

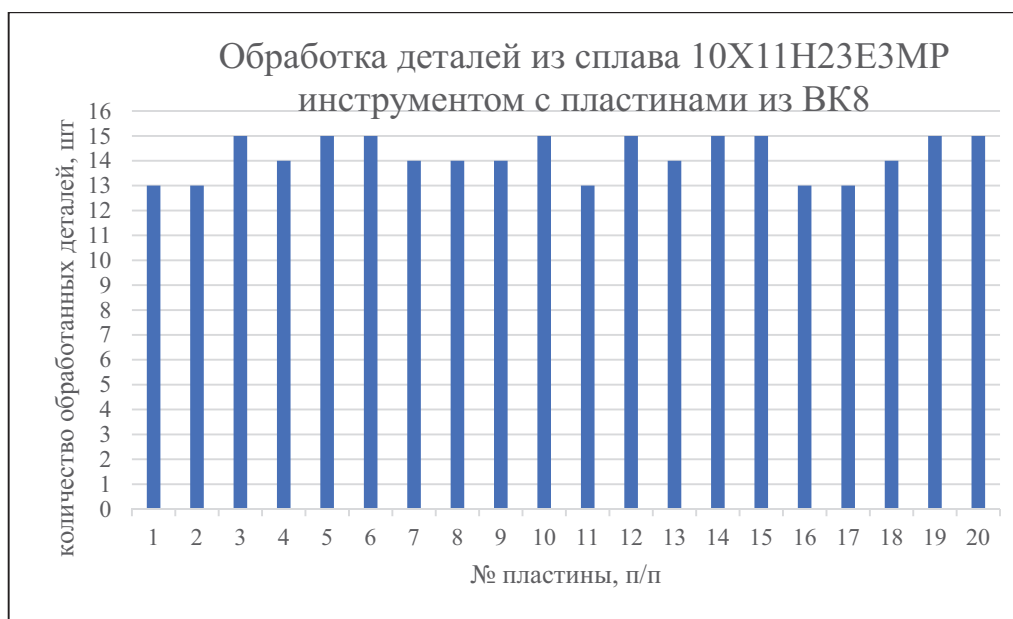


Рис. 8. Данные обработки деталей сборным инструментом с СТП из ВК8

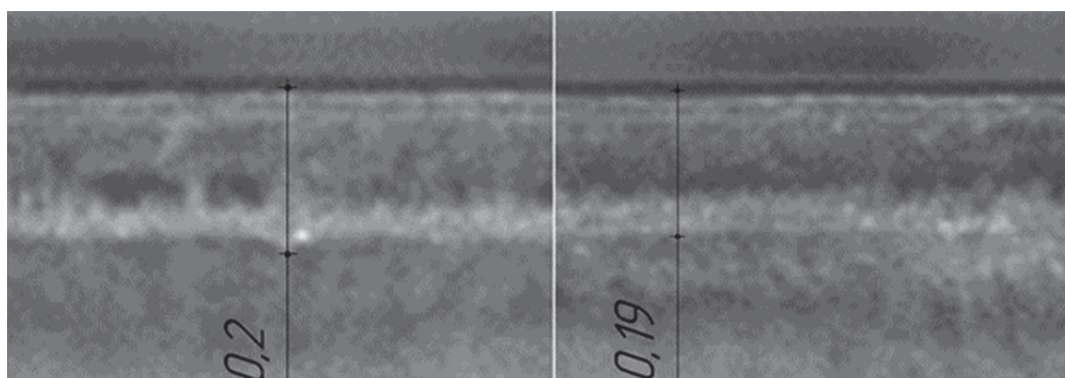


Рис. 9. Износ по задней поверхности пластин из сплава ВК8

В результате анализа полученных данных представленных на рисунке 8, среднеквадратическое отклонение составило $s=0,834$, а значение коэффициента вариации $v=5,9\%$, что говорит о значительной однородности полученных данных и об увеличении стойкости режущего инструмента почти в 1,5 раза. Также, в связи с увеличением скорости до 32 м/мин, можно говорить об увеличении производительности инструмента почти на треть.

ВЫВОДЫ

Разработан и апробирован метод определения эффективной скорости резания сборным режущим инструментом с твердосплавными пластинами, который, в отличие от существующих, основан на оценке риска низкой обрабатываемости материала и риска потери работоспособности режущего инструмента и включает:

Инструмент оценки риска низкой обрабатываемости материала по значениям температуры

максимальной обрабатываемости материала и температуры обработки на основе разработанных таблиц определения ранга тяжести последствий риска (положительных и отрицательных) и ранга вероятности возникновения риска, а также схемы интерпретации значения риска и возможности.

Инструмент оценки риска потери работоспособности режущего инструмента по значениям температуры максимальной работоспособности инструментального твердого сплава и температуры обработки на основе разработанных таблиц определения ранга тяжести последствий риска (положительных и отрицательных) и ранга вероятности возникновения риска, а также схемы интерпретации значения риска и возможности.

Применение данного метода позволило определить эффективную скорость резания сборным режущим инструментом со сменными твердосплавными пластинами при обработке детали из сплава 10X11H23T3MP и произвести выбор инструментального твердого сплава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Макаров, А.Д. Оптимизация процессов резания / А.Д. Макаров – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.
2. Силин, С.С. Метод подобия при резании металлов / С.С. Силин – М.: Машиностроение, 1979. – 152 с.
3. Artamonov, E.V. Determining the maximum-performance temperature of hard-alloy cutting plates / E.V. Artamonov, D.S. Vasilega, A.M. Tveryakov // Russian Engineering Research. 2014. – Т. 34. – № 6. – С. 402-403.
5. Клочков, Ю.С. Учет неопределенности при проведении процедуры FMEA-анализа / Ю.С. Клочков, Г.А. Фокин, О.В. Сыровацкий // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2021. – Т. 23. – № 6(104). – С. 26-32.
5. Панюков, Д.И. Проблемы приоритизации риска в рамках метода FMEA / Д.И. Панюков, В.Н. Козловский, О.В. Никишов // В сборнике: Отечественный и зарубежный опыт обеспечения качества в машиностроении. IV Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием: сборник докладов. Тула, 2023. – С. 290-294.
6. Ostapenko, M.S. An industrial and sociological research of consumers requirements to a lathing tool / M.S. Ostapenko, D.S. Vasilega // Key Engineering Materials, 2016. – Т. 684. – С. 429-434.
7. Artamonov, E.V. Determining the maximum-performance temperature of hard-alloy cutting inserts on the basis of their electromagnetic properties / E.V. Artamonov, A.M. Tveryakov, A.S. Shtin // Russian Engineering Research, 2019. – Т. 39. – № 3. – С. 259-261.
8. Ostapenko, M.S. Enhancement of a methodology of assembly lathing tools quality evaluation / M.S. Ostapenko, A.M. Tveryakov // Key Engineering Materials, 2016. – Т. 684. – С. 435-439.
9. Inta, Marinela; Muntean, Achim, Researches regarding introducing temperature as a factor in cutting tool wear monitoring, 22nd International Conference on Innovative Manufacturing Engineering and Energy (IManE&E), Chisinau, MOLDOVA, MAY 31-JUN 02, 2018, MATEC Web of Conferences, T. 178, № 01013(2018).
10. V.S. Kaushik, M. Subramanian, M. Sakthivel, Optimization of Processes Parameters on Temperature Rise in CNC End Milling of Al 7068 using Hybrid Techniques, 1st International Conference on Emerging Trends in Materials and Manufacturing Engineering (IMME), Tiruchirappalli, INDIA, MAR 10-12 2017, T. 5, № 2, pp. 7037-7046 (2017).
11. Yang, Shucui; He, Chunsheng; Zheng, Minli et al, Temperature Field of Tool Engaged Cutting Zone for Milling of Titanium Alloy with Ball-End Milling, MICROMACHINES, T. 9, № 12, 672, DEC 2018.
12. Серебренникова, А.Г. Реализация метода определения оптимальной скорости резания при обработке стали 12Х18Н10Т / А. Г. Серебренникова, М. А. Козлова // Ученые записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, 2015. – Т. 1. – № 3 (23). – С. 38-45.
13. Клочков, Ю.С. Подходы к совершенствованию методов управления качеством / Ю.С. Клочков, А.М. Тверяков // Международный журнал системной инженерии и менеджмента. 2020. – Т. 11. – № 2. С. 163-172.
14. Василега, Д.С. Разработка методологии оценки рисков и возможностей в соответствии с требованиями стандарта ISO 9001:2015 / Д.С. Василега, М.С. Остапенко, Н.А. Василега // Естественные и технические науки. 2019. – № 5 (131). – С. 183-188.
15. Артамонов, Е.В. Методика оценки рисков и возможностей при эксплуатации сборных режущих инструментов / Е.В. Артамонов, Н.А. Василега // В сборнике: Инновации в машиностроении (ИнМаш - 2021). Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Рахимянова Хариса Магсумановича [под редакцией С.И. Василевской, Ю.С. Кудрявцевой]. – Новосибирск, 2021. – С. 137-142.
16. Пат.142320 РФ, МПК G01K7/00 Устройство для тарирования естественной термопары, измерения сил резания и температуры в процессе резания : № 2013131205/28 : заявл. 08.07.2013 : опубл. 27.06.2014 / Артамонов Е.В., Васильев Д.В. ; патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Тюменский государственный нефтегазовый университет" (ТюмГНГУ).

DETERMINATION OF THE EFFECTIVE CUTTING SPEED OF A PREFABRICATED TOOL BASED ON AN ASSESSMENT OF THE RISKS OF LOW MACHINABILITY OF THE MATERIAL AND LOSS OF OPERABILITY OF THE CUTTING TOOL

© 2024 E.V. Artamonov, M.S. Ostapenko, N.A. Vasilega

Tyumen Industrial University, Tyumen, Russia

The article provides a method for determining the effective cutting speed as a result of using the previously developed method of assessing risks and opportunities in the operation of prefabricated cutting tools, which allowed to identify the risks of low machinability of the material and loss of operability of the cutting tool. These risks have been assessed for a specific technological operation. As a result of the implementation of the method, the most suitable tool hard alloy was selected, rational cutting modes were selected based on an assessment of the risk of low machinability of the material and the risk of loss of operability of the cutting tool.

Keywords: prefabricated cutting tool, cutting speed, maximum working temperature, maximum workability temperature, cutting modes, processing temperature, risk, opportunity.

DOI: 10.37313/1990-5378-2024-26-1-81-91

EDN: KEJSLP

REFERENCES

1. *Makarov, A.D.* Optimizaciya processov rezaniya / A.D. Makarov – M.: Mashinostroenie, 1976. – 278 s.
2. *Silin, S.S.* Metod podobiya pri rezanii metallov / S.S. Silin – M.: Mashinostroenie, 1979. – 152 s.
3. *Artamonov, E.V.* Determining the maximum-performance temperature of hard-alloy cutting plates / E.V. Artamonov, D.S. Vasilega, A.M. Tveryakov // Russian Engineering Research. 2014. – T. 34. – № 6. – С. 402-403.
4. *Klochkov, Yu.S.* Uchet neopredelennosti pri provedenii procedury FMEA-analiza / Yu.S. Klochkov, G.A. Fokin, O.V. Syrovacskij // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk, 2021. – T. 23. – № 6(104). – S. 26-32.
5. *Panyukov, D.I.* Problemy prioritizacii riska v ramkah metoda FMEA / D.I. Panyukov, V.N. Kozlovskij, O.V. Nikishov // V sbornike: Otechestvennyj i zarubezhnyj opyt obespecheniya kachestva v mashinostroenii. IV Vserossijskaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya s mezhdunarodnym uchastiem: sbornik dokladov. Tula, – 2023. – S. 290-294.
6. *Ostapenko, M.S.* An industrial and sociological research of consumers requirements to a lathing tool / M.S. Ostapenko, D.S. Vasilega // Key Engineering Materials, 2016. – T. 684. – С. 429-434.
7. *Artamonov, E.V.* Determining the maximum-performance temperature of hard-alloy cutting inserts on the basis of their electromagnetic properties / E.V. Artamonov, A.M. Tveryakov, A.S. Shtin // Russian Engineering Research, 2019. – T. 39. – № 3. – С. 259-261.
8. *Ostapenko, M.S.* Enhancement of a methodology of assembly lathing tools quality evaluation / M.S. Ostapenko, A.M. Tveryakov // Key Engineering Materials, 2016. – T. 684. – С. 435-439.
9. *Inta, Marinela; Muntean, Achim,* Researches regarding introducing temperature as a factor in cutting tool wear monitoring, 22nd International Conference on Innovative Manufacturing Engineering and Energy (IManE&E), Chisinau, MOLDOVA, MAY 31-JUN 02, 2018, MATEC Web of Conferences, T. 178, № 01013(2018).
10. *V.S. Kaushik, M. Subramanian, M. Sakthivel,* Optimization of Processes Parameters on Temperature Rise in CNC End Milling of Al 7068 using Hybrid Techniques, 1st International Conference on Emerging Trends in Materials and Manufacturing Engineering (IMME), Tiruchirappalli, INDIA, MAR 10-12 2017, T. 5, № 2, pp. 7037-7046 (2017).
11. *Yang, Shuca; He, Chunsheng; Zheng, Minli et al,* Temperature Field of Tool Engaged Cutting Zone for Milling of Titanium Alloy with Ball-End Milling, MICROMACHINES, T. 9, № 12, 672, DEC 2018.
12. *Serebrennikova, A.G.* Realizaciya metoda opredeleniya optimal'noj skorosti rezaniya pri obrabotke stali 12H18N10T / A. G. Serebrennikova, M. A. Kozlova // Uchenye zapiski Komsomol'skogo-na-Amure gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2015. – T. 1. – № 3 (23). – S. 38-45.
13. *Klochkov, Yu.S.* Podhody k sovershenstvovaniyu metodov upravleniya kachestvom / Yu.S. Klochkov, A.M. Tveryakov // Mezhdunarodnyj zhurnal sistemnoj inzhenerii i menedzhmenta. 2020. – T. 11. – № 2. S. 163-172.
14. *Vasilega, D.S.* Razrabotka metodologii ocenki riskov i vozmozhnostej v sootvetstvii s trebovaniyami standarta ISO 9001:2015 / D.S. Vasilega, M.S. Ostapenko, N.A. Vasilega // Estestvennye i tekhnicheskie nauki. 2019. – № 5 (131). – S. 183-188.
15. *Artamonov, E.V.* Metodika ocenki riskov i vozmozhnostej pri ekspluatatsii sbornyh rezhushchih instrumentov / E.V. Artamonov, N.A. Vasilega // V sbornike: Innovacii v mashinostroenii (InMash - 2021). Sbornik trudov HII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashchennoj pamyati doktora tekhnicheskikh nauk, professora Rahimyanova Harisa Magsumanovicha [pod redakciej S.I. Vasilevskoj, Yu.S. Kudryavcevoj]. – Novosibirsk, 2021. – S. 137-142.
16. Pat.142320 RF, MPK G01K7/00 Ustrojstvo dlya tarirovaniya estestvennoj termopary, izmereniya sil rezaniya i temperatury v processe rezaniya : № 2013131205/28 : zayavl. 08.07.2013 : opubl. 27.06.2014 / Artamonov E.V., Vasil'ev D.V. ; patentoobladatel' Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Tyumenskij gosudarstvennyj neftegazovij universitet" (TyumGNGU).

Evgeny Artamonov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Machine Tools and Tools.

E-mail: artamonovev@tyuiu.ru

Maria Ostapenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Machine Tools and Tools. E-mail: ms_ostapenko@mail.ru

Natalia Vasilega, Postgraduate Student of the Department of Machine Tools and Tools. E-mail: natashavasilega@mail.ru