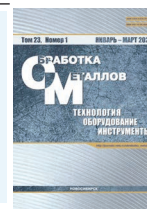




Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)

Сайт журнала: http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov



Определение температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе исследования изменения электромагнитных свойств

Евгений Артамонов^а, Андрей Тверяков^б, Антон Штин^{с,*}

Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, г. Тюмень, 625000, Россия

^а  <https://orcid.org/0000-0002-3099-4435>,  evgart2014@mail.ru, ^б  <https://orcid.org/0000-0002-6444-2559>,  tveryakov@mail.ru,
^с  <https://orcid.org/0000-0002-7000-6761>,  sttin92@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 621.91.02

История статьи:

Поступила: 26 августа 2020
 Рецензирование: 09 сентября 2020
 Принята к печати: 12 января 2021
 Доступно онлайн: 15 марта 2021

Ключевые слова:

Твердые сплавы
 Обработка металлов
 Температура максимальной работоспособности

АННОТАЦИЯ

Введение. Сегодня в условиях санкций Российская Федерация как никогда раньше нуждается в развитии энергосберегающих технологий в различных отраслях промышленности. При назначении режимов резания для новых материалов инструментальные фирмы проводят испытания на разрушение сменных режущих пластин при резании, полученные численные значения публикуются в каталогах. Наибольшее влияние на ресурс и работоспособность режущих инструментов из твердых сплавов оказывают физико-механические свойства инструментальных материалов. Исследования показали, что физико-механические свойства вольфрамовых твердых сплавов в процессе работы, а именно в процессе резания труднообрабатываемых материалов под действием высоких температур, симметрично изменяются. При разработке лабораторной установки был проведен литературный обзор, который показал, что в настоящий момент широкое применение получили методы неразрушающего контроля технологических объектов. Методы неразрушающего контроля технологических объектов позволяют проводить исследования состояния материала, дефектов в структуре, внутренних изменений, не разрушая образцы. Такое преимущество было определяющим при литературном обзоре. **Объектом** данного исследования выступают сменные режущие твердосплавные пластины из однокарбидного твердого сплава В35 четырехгранной формы в состоянии поставки. **Предметом** исследования являются взаимосвязь изменения магнитной составляющей свойств однокарбидного твердого сплава В35 в зависимости от воздействия на него высоких температур. В основу исследования легли законы физики раздела электродинамики, а также известные методики неразрушающего контроля, научные основы материаловедения, все исследования проводились в аккредитованных лабораториях Тюменского индустриального университета. Достоверность полученных данных подтверждается высокой корреляцией результатов численных значений с данными, полученными исследователями ранее. **Методика исследований.** В статье показана разработанная установка для определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе исследования изменения электромагнитных свойств. Приведена методика исследований. Испытания образцов проводились во время нагрева сменных режущих пластин из вольфрамового твердого сплава В35. Температурный интервал нагрева был выбран в соответствии с температурным режимом процесса резания при лезвийной обработке труднообрабатываемых материалов. Таким образом, нагрев производился в диапазоне от 0 до 1000 °С, который осуществлялся газопламенным методом ручным способом. **Результаты и обсуждения.** По результатам экспериментальных исследований были составлены таблицы полученных результатов, где с интервалом в 10 °С указаны соответствующие значения магнитного поля вихревых токов, наводимых в сменных режущих пластинах из вольфрамового твердого сплава В35. Получены результаты исследования по определению температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе исследования изменения электромагнитных свойств, для сплава В35 она составила 460...730 °С, что соответствует скорости резания 18 м/мин при обработке хромоникелевого сплава ЭИ867-ВД. На основе стойкостных испытаний в заводских условиях было доказано, что разработанная методика позволяет определять температурные интервалы максимальной работоспособности на основе исследования изменений электромагнитных свойств (магнитного поля вихревых токов, возникающих в сменных режущих пластинах) твердых сплавов. Полученные результаты дают возможность назначать наиболее подходящие режимные условия для режущего инструмента на основе научно обоснованной методики, позволяющей использовать максимальный ресурс инструмента.

Для цитирования: Артамонов Е.В., Тверяков А.М., Штин А.С. Определение температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе исследования изменения электромагнитных свойств // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2021. – Т. 23, № 1. – С. 33–44. – DOI: 10.17212/1994-6309-2021-23.1-33-44.

*Адрес для переписки

Штин Антон Сергеевич, ассистент
 Тюменский индустриальный университет
 ул. Володарского, 38,
 625000, г. Тюмень, Россия
 Тел.: +7-953-826-98-02, e-mail: sttin92@mail.ru

Введение

Сегодня в условиях санкций Российская Федерация как никогда нуждается в развитии энергосберегающих технологий в различных отраслях промышленности.

Задачи, которые стоят при проектировании деталей машин, например в авиа- или нефтегазовом машиностроении, обуславливают применение жаропрочных и труднообрабатываемых материалов, в том числе новых материалов в конструкции изделий. Металлургия не стоит на месте, в последнее время появляются новые марки материалов, обладающие характеристиками в части прочности, твердости, пластичности, жаростойкости, в разы превосходящие свои аналоги, например, российские марки сплавов типа ВВП, американский «martensite». В связи с этим при изготовлении таких деталей машин возникает множество проблем, связанных с назначением технологических параметров процесса обработки. Прежде всего это связано с освоением новых материалов в период становления производства изделий или капитального и преждевременного ремонта, т. е. единичного производства различных агрегатов и машин.

На территории Тюменской области производят капитальный и аварийный ремонт газотурбинных двигателей, которые используют для перекачки газа. Как известно, в их конструкции применяется большое количество труднообрабатываемых жаропрочных материалов. Исследования показали, что выбор инструментального материала, а также назначение режимов обработки (резания) являются основными проблемами при обработке сталей и сплавов, входящих в группу труднообрабатываемых материалов [1]. Решение проблемы выбора технологических параметров процесса резания позволяет построить энергоэффективный процесс производства и ремонта деталей машин.

Процесс резания – это многофакторный процесс, он очень сложен в прогнозировании, особенно при обработке жаропрочных и труднообрабатываемых материалов. Однако не вызывает сомнения тот факт, что под действием температуры и сил резания структура, а соответственно и свойства инструментального и обрабатываемого материала меняются и это оказывает влияние на процесс обработки. Исследования

влияния изменения свойств этих материалов на процесс обработки материалов резанием позволит обоснованно назначать рациональные режимы обработки.

При назначении режимов резания для новых материалов инструментальные фирмы проводят испытания на разрушение сменных режущих пластин при резании, полученные численные значения публикуются в каталогах [2]. Но как показывает практика, данные численные значения не всегда соответствуют оптимальным режимам резания. На практике режимные условия для инструмента разделены по группам обрабатываемости [3]. На сегодняшний день инструментальные фирмы используют семь групп обрабатываемости в своих каталогах. В группу может входить большое количество марок обрабатываемых материалов, а для обработки могут рекомендоваться лишь несколько марок инструментального материала. Какой инструментальный материал обеспечит наиболее полный ресурс при обработке данного обрабатываемого материала, по этим рекомендациям определить не представляется возможным.

В своих работах проблему обеспечения наиболее полного ресурса режущего инструмента с различных позиций изучали: Васин С.А. [4], Григорьев С.Н. [5], Грубый С.В. [6], Carceanu I., Cosmeleată G. [7], Ferri C. [8], Kümmel J. [9], Munish Kumar Gupta [10], Murthy K.S. [11], Neugebauer R. [12], Jaafar I. [13], Tangjitsitharoen S. [14], Patwari A. [15], Tillmann W. [16], Zhang H. [17], Zhang C. L. [18].

Литературный анализ работ ученых с мировым именем в области механической лезвийной обработки металлов резанием показал, что температурный фактор оказывает результирующее влияние на процесс резания труднообрабатываемых материалов [4–18].

Инструментальные материалы (ИМ), как и другие материалы, обладают физико-механическими свойствами, которые под действием внешних факторов способны изменяться. Эти свойства оказывают определяющее влияние на работоспособность и ресурс инструмента, выполненного из этих материалов. Исследования показали, что физико-механические свойства вольфрамовых твердых сплавов в процессе работы, а именно в процессе резания труднообрабатываемых материалов под действием высо-

ких температур, симметрично изменяются [19]. Изучение процессов, протекающих внутри инструментальных материалов, в том числе вольфрамовых твердых сплавов, позволит на основе научно обоснованной методики определять и назначать режимы работы данного материала с учетом его внутренних изменений, что повысит ресурс режущего инструмента и обеспечит условия, при которых режущий инструмент будет обладать максимальными режущими свойствами при обработке труднообрабатываемых материалов [20].

Цель работы. Определение скорости резания, обеспечивающей максимальный ресурс работы сменных режущих пластин из вольфрамового твердого сплава В35 при токарной обработке хромоникелиевого сплава ЭИ867-ВД на основе исследования изменения электромагнитного поля вихревых токов, возникающих в сменных режущих пластинах при изменении температуры.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие **задачи**.

1. Выполнить литературный обзор, а также провести анализ существующих работ, посвященных проблемам рационального выбора инструментального материала, а также назначения режимов резания.

2. Провести экспериментальные исследования изменения электромагнитного поля вихревых токов, возникающих в твердых сплавах В35 под воздействием высоких температур, характерных для процесса резания.

3. Провести исследования механики процесса резания при токарной обработке труднообрабатываемой хромоникелиевой стали ЭИ867-ВД на разных скоростях резания резцами, оснащенными сменными режущими твердосплавными пластинами из твердого сплава В35.

Методика исследований

Работоспособностью режущих инструментов принято считать условия, при которых ими можно выполнять обработку резанием в соответствии с установленными требованиями в определенных условиях [21].

Для решения второй задачи необходимо провести лабораторные исследования изменения магнитного поля вихревых токов, возникающих в сменных режущих пластинах из вольфрамо-

вого твердого сплава В35. Эксперимент проводился в температурном диапазоне от комнатной температуры до температуры, возникающей в процессе резания на острие режущей кромки. Именно при таких температурах протекает процесс резания при обработке труднообрабатываемых сталей и сплавов, таких как ЭИ867-ВД. Анализ существующих решений показал, что таких устройств, удовлетворяющих нашим требованиям, не существует. Одним из требований к устройству является возможность использования в качестве исследуемого образца сменную многогранную твердосплавную пластину в состоянии поставки для максимального приближения результатов к реальным условиям. Для проведения экспериментальных исследований была построена лабораторная установка.

При разработке лабораторной установки был проведен литературный обзор, который показал, что в настоящий момент широкое применение получили методы неразрушающего контроля технологических объектов. Эти методы позволяют проводить исследования внутренних изменений, не разрушая образцы, что явилось определяющим преимуществом при литературном обзоре. Существует семь типов неразрушающего контроля, представленных на рис. 1 [22], у каждого из них есть как достоинства, так и недостатки.

Для исследований внутренних изменений, протекающих в инструментальных материалах, с возможностью проведения испытаний на образцах в состоянии поставки сменных режущих твердосплавных пластин (СМТП) подходит метод неразрушающего контроля – «вихретоковый» [22]. Такой метод контроля основывается на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов [23].

Это достоинство не только отвечает нашим требованиям, но позволяет сократить время на изготовление специальных образцов из вольфрамового твердого сплава В35. Кроме того, оно позволяет приблизить лабораторные исследования к реальным условиям, что, несомненно, является существенным преимуществом перед другими видами неразрушающего контроля.

В качестве исследуемых образцов были выбраны СМТП из инструментального твердого сплава В35 в состоянии поставки, рис. 2.



Рис. 1. Виды неразрушающего контроля (НК)

Fig. 1. Types of non-destructive testing (NDT)

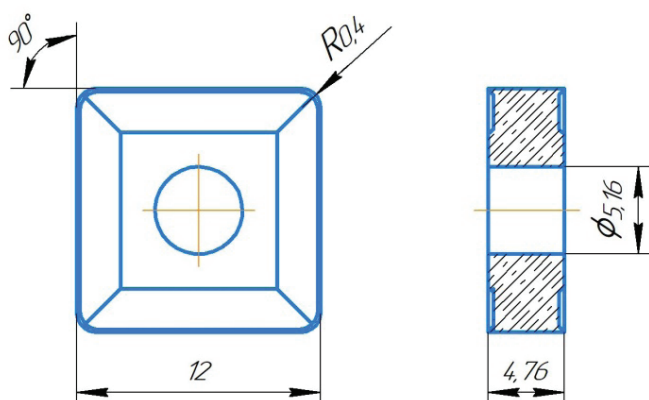


Рис. 2. Сменная режущая твердосплавная пластина

Fig. 2. Replaceable Cutting Hard Alloy Insert

Характеристики выбранных сменных режущих пластин приведены в табл. 1.

Таблица 1

Table 1

Характеристики выбранных сменных режущих пластин

Characteristics of selected replaceable cutting inserts

Фирма	Форма	Размеры	Материал
КЗТС	SNMA	12×12×4.76	B35

Исследования проводились на специальной лабораторной установке, в основу которой лег вихретоковый метод неразрушающего контроля. Схема предложенной установки показана на рис. 3.

Лабораторная установка представляет собой систему приборов для измерений изменений магнитного поля вихревых токов, возникающих в ферромагнетиках. В качестве объектов исследования рекомендуется использовать СМТП в состоянии поставки, так как лимитирующими являются размеры используемой катушки с теплоизолирующим покрытием. При изменении катушки допускаются исследования на образцах других формфакторов.

В установку входят автоколебательный контур (АК) и щиток приборов (для измерения количественной комплексной характеристики изменения магнитного поля ВТ (вихревых токов) используется мультивольтметр, а для измерения состояния температуры в ходе всего эксперимента использовался цифровой термометр). Электронная часть устройства представляет собой электронную схему из двух последовательно подключенных конденсаторов, сопротивления, транзистора и блока питания. АК выполнен в виде автотрансформатора как обмотка возбуждения вихретокового преобразователя. На обмотку нанесено покрытие для предотвращения пагубного воздействия нагрева объекта и разрушения самой обмотки.

Испытания образцов проводились во время нагрева сменных режущих пластин из вольфрамового твердого сплава В35, рис. 4.

Температурный интервал нагрева был выбран в соответствии с температурным режимом процесса резания при лезвийной обработке труднообрабатываемых материалов. Таким образом, нагрев производился в диапазоне до 1000 °С.

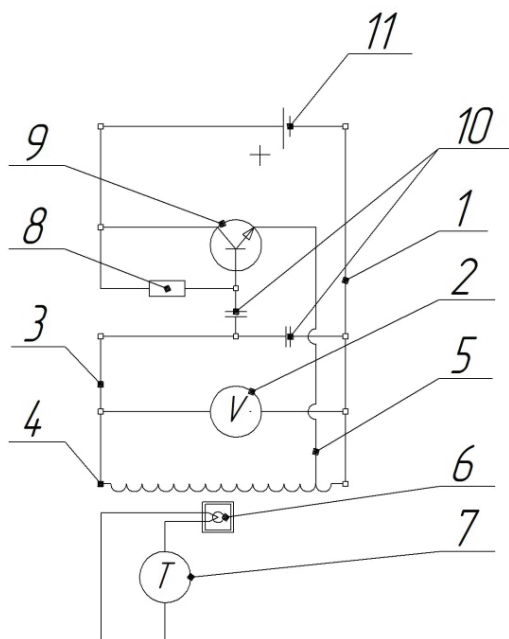


Рис. 3. Схема разработанной авторами установки для определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин по электромагнитным свойствам:

1 – автоколебательный контур; 2 – вольтметр; 3 – выход катушки 1; 4 – катушка; 5 – выход катушки 2; 6 – сменная режущая пластина; 7 – термометр; 8 – сопротивление; 9 – транзистор; 10 – конденсатор; 11 – источник питания

Fig. 3. Diagram of developed plant for determination of maximum operability temperature of replaceable cutting hard-alloy inserts by electromagnetic properties:

1 – self-oscillating circuit; 2 – voltmeter; 3 – coil 1 output; 4 – coil; 5 – coil 2 output; 6 – replaceable cutting insert; 7 – thermometer; 8 – resistance; 9 – transistor; 10 – condenser; 11 – power supply

Сам нагрев осуществлялся газопламенным методом ручным способом.

Исследования проводились следующим образом: выполнялся нагрев образца, в нашем случае образец представляет собой сменную режущую твердосплавную пластину в состоянии поставки, затем бесконтактным методом наводилось магнитное поле на исследуемый образец. На измерительном приборе (вольтметре) разработанной установки фиксировались изменения значений, свидетельствующих о внутренних изменениях твердого сплава. Результаты выводились на экране монитора персонального компьютера.

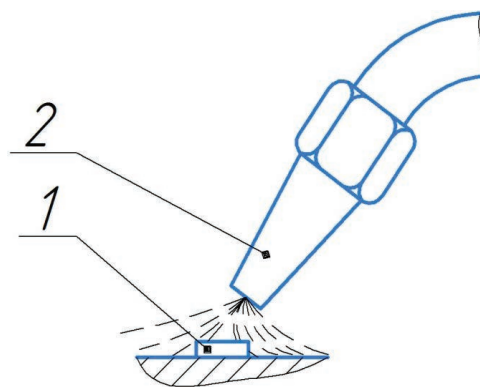


Рис. 4. Нагрев сменной режущей твердосплавной пластины:

1 – образец, сменная твердосплавная пластина из В35; 2 – устройство нагрева

Fig. 4. Heating of replaceable hard alloy cutting insert:

1 – sample, replaceable carbide insert from hard alloy В35 (92 %WC + 8 %Co); 2 – heating device

Результаты и их обсуждение

По результатам экспериментальных исследований были составлены таблицы полученных результатов, где с интервалом в 10 °С, были указаны соответствующие значения магнитного поля вихревых токов, наводимых в сменных режущих пластинах из вольфрамового твердого сплава В35.

С помощью возможностей математического аппарата программного продукта MS Excel были построены полиномиальные зависимости полученных данных от температуры нагрева, рис. 5. Температурный интервал 12, рис. 5, в котором производились экспериментальные исследования, соответствует температурному интервалу, характерному для процесса резания.

Полученная графическая зависимость, где в качестве аппроксимирующей кривой выбран полином, обрабатывается по правилам инженерных исследований в соответствии с 5 %-й погрешностью, допустимой для таких расчетов.

Для определения границы температурного диапазона используется специальная методика. От значения максимального магнитного поля откладывается 5-й % интервал. Через данную точку проводится линия, параллельная оси температур, через все поле графика. Точки, где линия пересекается с линией графика, принимаем за границы искомого интервала. Из полученных

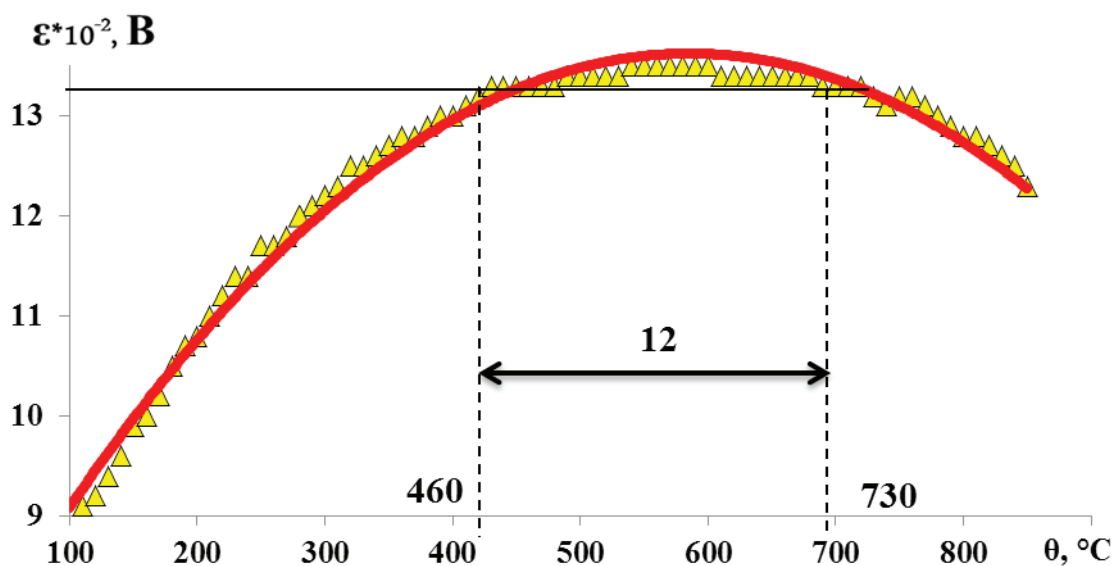


Рис. 5. Полученная однопараметрическая зависимость изменения значений ЭДС АК под действием температур во время эксперимента на сменных режущих пластинах из сплава В35

Fig. 5. The obtained one-parameter dependence of change of EMF values under the influence of temperatures during the experiment on replaceable alloy cutting insert B35 (92 %WC + 8 %Co)

точек проводим проекционные линии на ось температур. Полученный температурный интервал принимаем за интервал максимального ресурса сменных режущих пластин из твердого сплава В35. Допускается использование инструмента во всем температурном интервале, но с технологической точки зрения рекомендуется придерживаться максимальной температуры, так как она обеспечивает максимально допустимую скорость резания.

На рис. 6 представлены зависимости температуры резания, пути резания и относительного поверхностного износа инструмента. По характеру данных зависимостей мы можем сказать, что в определенном интервале температур наблюдается минимум относительного поверхностного износа и максимум пути резания, что доказывает адекватность разработанной методики. Каждая точка на графиках представляет собой среднее арифметическое значение полученных значений, в результате проводят не менее трех измерений.

На полученных зависимостях (рис. 6), в лабораторных условиях изменение направления значений ЭДС соответствует структурным изменениям первого фазового перехода кобальта. До этих значений наблюдается рост значений прочности твердого сплава, что обеспечивает

условия максимальной работоспособности инструмента. Это подтверждается при исследовании механики процесса резания при токарной обработке хромоникелевого сплава ЭИ867-ВД.

Полученные результаты коррелируют с результатами ученых, занимающихся исследованиями повышения ресурса режущего инструмента, табл. 2.

Проведенный сравнительный анализ доказывает возможность использования данной методики для определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин на основе исследования изменения электромагнитных свойств. В качестве результирующей температуры предлагается использовать максимально допустимую температуру интервала, так как она обеспечивает максимальный ресурс инструмента, исключая возможность преждевременного его выхода из строя.

Таким образом, изменение электромагнитных свойств инструментальных твердых сплавов реагирует на изменения состояния материала, что может быть использовано для определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих твердосплавных пластин. В производственных условиях по данному температурному интервалу беспрепятственно опре-

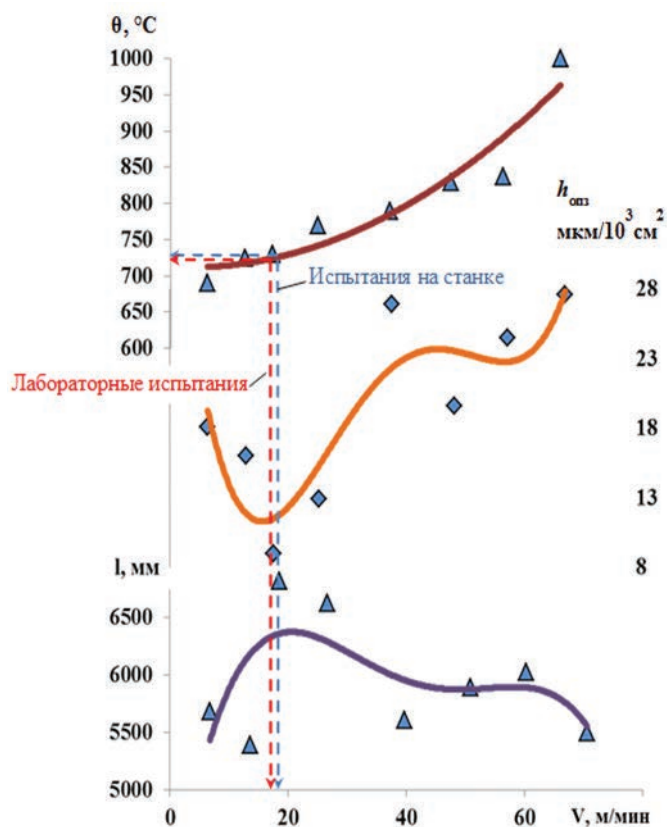


Рис. 6. Зависимости температуры резания (θ), пути резания до отказа (L), относительного поверхностного износа ($h_{\text{опз}}$) от скорости резания (V) (обрабатываемый материал ЭИ867-ВД, инструментальный материал В35, $S = 0,39$ мм/об, $t = 1$ мм)

Fig. 6. Dependencies of cutting temperature (θ), cutting path to failure (L), relative surface wear (h_{tw}) cuttingspeed (V) (material to be treated EI867-VD (57%Ni 9 %Mo 10 %Cr 6 %W 4,2 %Al 4 %Co), tool material В35 (92 %WC+8 %Co), Feed (S) = 0,39 mm/n, Time (t) = 1 mm)

деляется скорость резания, обеспечивающая наиболее полный ресурс сменных режущих пластин при помощи метода естественной термопары либо тепловизора.

Заклучение

В ходе работы были проведены экспериментальные исследования по изменению электромагнитного поля вихревых токов, возникающих в твердых сплавах марки В35, под воздействием высоких температур, характерных для процесса резания, которые позволили получить температурный интервал изменения электромагнитных свойств 460...730 °С. Проведены также исследования испытаний механики процесса резания при токарной обработке труднообрабатываемой хромоникелиевой стали ЭИ867-ВД на разных режимах резания (скоростях резания) резцами, оснащенными сменными режущими твердосплавными пластинами из твердого сплава В35, в ходе которых получили скорость резания, обеспечивающую максимальный ресурс режущего инструмента.

Исследование показало, что при токарной обработке хромоникелиевого сплава ЭИ867-ВД скорость резания, обеспечивающая максимальный ресурс работы вольфрамового твердого сплава В35, составляет 18 м/мин. Это подтверждается минимальной величиной фаски износа сменных режущих пластин по задней поверхности, равной 0,225 мм, и минимальной величиной относительного поверхностного износа по задней поверхности $h_{\text{опз}} 211,97$ мкм/10³см, полученного при одной температуре резания 730°С. Такая температура входит в температурный интервал, полученный в лабораторных условиях при исследовании изменений электромагнитного поля вихревых токов, возникающих в твердых сплавах марки В35.

Таким образом, данные исследования по изменению структурных изменений твердых

Таблица 2

Table 2

Сравнительный анализ полученных результатов с результатами, выполненными по методике, основанной на ударной вязкости (KCV)

Comparative analysis of the results with the results obtained by the method based on toughness (KCV)

Материал	Методика определения температуры максимальной работоспособности, основанная на ударной вязкости (KCV) (исследования В.М. Костив Д.С. Василега [1])	Методика авторов по определению температуры максимальной работоспособности по изменению магнитного поля вихревых токов (исследования авторов)
В35 (92 %WC+8 %Co)	520...730°С	460...730°С

сплавов позволят для каждого твердого сплава выявить скорости резания, обеспечивающие их максимальный ресурс или максимальную работоспособность на основании научно обоснованной методики.

Список литературы

1. Артамонов Е.В. Прочность и работоспособность сменных твердосплавных пластин сборных режущих инструментов. – Тюмень: Вектор Бук, 2003. – 190 с. – ISBN 5-88465-416-2.
2. Zorev N.N., Uteshev M.H. Untersuchung der Kintakt-spannung auf den Arbeits-flachen des Werkzeugs miteiner Schneidenabrundung // Berichte der Internationalen Forschungesgemein-schaft fur mechanische produktionstechnik. – 1971. – Vol. 20-1. – P. 31–32.
3. Металлорежущий инструмент, 2019–2020 / Кировградский завод твердых сплавов. – Кировград, 2020. – 284 с. – URL: http://www.kzts.ru/core/user_files/psm-2014.pdf (дата обращения: 23.01.2021).
4. Васин С.А., Вережачка А.С., Кушнер В.С. Резание материалов: термомеханический подход к системе взаимосвязей при резании: учебник для технических вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001. – 448 с. – ISBN 5-7038-1823-0.
5. Процессы формообразования и инструментальная техника: учебное пособие / В.А. Гречишников, Н.А. Чемборисов, В.Б. Ступко, Д.Т. Сафаров, О.Б. Кучина, С.Н. Григорьев, А.Г. Схиртладзе. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 328 с. – ISBN 978-5-94178-326-7.
6. Lapshin V.V., Zakharevich E.M., Grubyi S.V. Machining of linear negative matrices for fresnel lenses and prisms // Russian Engineering Research. – 2016. – Vol. 36, iss. 10. – P. 826–830. – DOI: 10.3103/S1068798X16100105.
7. High performance composite materials created through advanced techniques / I. Carceanu, G. Cosmeleată, B. Ghiban, M. Balanescu, I. Nedelcu // Materiale Plastice. – 2007. – Vol. 44, iss. 4. – P. 321–325.
8. Internally cooled tools and cutting temperature in contamination-free machining / C. Ferri, T. Minton, S.B. Ghani, K. Cheng // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science. – 2014. – Vol. 228, iss. 1. – P. 135–145. – DOI: 10.1177/0954406213480312.
9. Study on micro texturing of uncoated cemented carbide cutting tools for wear improvement and built-up edge stabilization / J. Kümmel, D. Braun, J. Gibmeier, J. Schneider, C. Greiner, V. Schulze, A. Wanner // Journal of Materials Processing Technology. – 2015. – Vol. 215. – P. 62–70. – DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2014.07.032.
10. Sustainable machining of aerospace material Ti (grade-2) alloy: modelling and optimization / M.K. Gupta, P.K. Sood, G. Singh, V.S. Sharma // Journal of Cleaner Production. – 2017. – Vol. 147. – P. 614–627. – DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.01.133.
11. Murthy K.S. Rajendran I. Optimization of end milling parameters under minimum quantity lubrication using principal component analysis and grey relational analysis // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. – 2012. – Vol. 34, iss. 3. – P. 253–261. – DOI: 10.1590/S1678-58782012000300005.
12. Energy efficient process planning based on numerical simulations / R. Neugebauer, C. Hochmuth, G. Schmidt, M. Dix // Advanced Materials Research. – 2011. – Vol. 223. – P. 212–221. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.223.212.
13. Role of discrete nature of chip formation and natural vibrations of system components in chatter formation during metal cutting / A. Nurulamin, I. Jaafar, A.U. Patwari, W. Zubaire // IJUM Engineering Journal. 2010. – Vol. 11 (1). – P. 124–126.
14. Tangjitsitharoen S., Moriwaki T. Intelligent monitoring and identification of cutting states of chips and chatter on CNC turning machine // Journal of Manufacturing Processes. – 2008. – Vol. 10. – P. 40–46. – DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.04.043.
15. Patwari A., Amin N., Faris W. Investigations of formation of chatter in a non-wavy surface during thread cutting and turning operations // Advanced Materials Research. – 2010. – Vol. 83. – P. 637–645. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.83-86.637.
16. Robot based deposition of WC-Co HVOF coatings on HSS cutting tools as a substitution for solid cemented carbide cutting tools / W. Tillmann, C. Schaak, D. Biermann, R. Abmuth, S. Goeke // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 181, iss. 1. – P. 012011. – DOI: 10.1088/1757-899X/181/1/012011.
17. Zhang H., Fang Z.Z., Lu Q. Characterization of a bilayer WC-Co hardmetal using Hertzian indentation technique // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2009. – Vol. 27, iss. 2. – P. 317–322. – DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2008.07.014.
18. A hybrid approach of ANN and HMM for cutting chatter monitoring / C.L. Zhang, X. Yue, Jiang Y.T., W. Zheng // Advanced Materials Research. – 2010. – Vol. 97. – P. 3225–3232. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.97-101.3225.
19. Артамонов Е.В., Тверяков А.М., Штин А.С. Установка для диагностики температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин на основе изменения электромагнитных свойств

твердых сплавов // Контроль. Диагностика. – 2018. – № 12. – С. 54–57.

20. Артамонов Е.В., Тверяков А.М., Штин А.С. Определение температуры максимальной работоспособности инструментальных твердых сплавов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты). – 2018. – Т. 20, № 3. – С. 47–57. – DOI: 10.17212/1994-6309-2018-20.3-47-57.

21. Вережика А.С. Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с. – ISBN 5-217-01482-2.

22. Артамонов Е.В., Тверяков А.М., Штин А.С. Разработка элементов установки для определения температуры максимальной работоспособности режущих элементов из твердых сплавов // Транспорт и машиностроение Западной Сибири. – 2018. – № 1. – С. 31–38.

23. Srithar A., Palanikumar K., Durgaprasad B. Experimental investigation and surface roughness analysis on hard turning of AISI D2 steel using coated Carbide insert // Procedia Engineering. – 2014. – Vol. 97. – P. 72–77. – DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.226.

Конфликт интересов

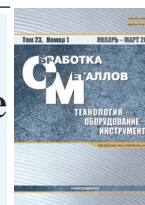
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2021 Авторы. Издательство Новосибирского государственного технического университета. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Obrabotka metallov - Metal Working and Material Science

Journal homepage: http://journals.nstu.ru/obrabotka_metallov



Determination of temperature of maximum operability of replaceable cutting hard-alloy inserts based on study of electromagnetic properties change

Evgeny Artamonov^a, Andrey Tveryakov^b, Anton Shtin^{c,*}

Industrial University of Tyumen, 38 Volodarskogo st., Tyumen, 625000, Russian Federation

^a <https://orcid.org/0000-0002-3099-4435>, evgart2014@mail.ru, ^b <https://orcid.org/0000-0002-6444-2559>, tveryakov@mail.ru,
^c <https://orcid.org/0000-0002-7000-6761>, shtin92@mail.ru

ARTICLE INFO

Article history:

Received: 26 August 2020

Revised: 09 September 2020

Accepted: 12 January 2021

Available online: 15 March 2021

Keywords:

Hard alloys

Metal processing

Maximum operability temperature

ABSTRACT

Introduction. Today, under the conditions of sanctions, the Russian Federation, more than ever before, needs the development of energy-saving technologies in various industries. There is no secret that when assigning cutting modes for new materials, tool companies conduct tests for the destruction of replaceable cutting inserts during cutting, the obtained numerical values are published in catalogs. The greatest impact on the life and operability of hard alloy cutting tools is exerted by the physical and mechanical properties of tool materials. Studies have shown that the physical and mechanical properties of tungsten hard alloys in the process of operation, namely in the process of cutting difficult-to-process materials under the influence of high temperatures, vary symmetrically. During the development of the laboratory plant, a literary review was carried out, which showed that at the moment non-destructive testing methods of technological facilities are widely used. Methods of non-destructive testing of technological objects allow conducting studies of the state of material, defects in the structure, internal changes, without samples destroying; this advantage was decisive during the literary review. **The object** of this study is replaceable cutting hard alloy inserts made of single carbide hard alloy B35 (92 %WC+8 %Co), tetrahedral in the state of supply. **The subject** of the study is the relationship between the changes of the magnetic component of the properties of a single-carbide hard alloy B35 (92 %WC+8 %Co) depending on the effect of high temperatures on it. This study is based on the laws of physics of the division of electrodynamics, as well as well-known non-destructive testing techniques, scientific foundations of material science. All studies are carried out in accredited laboratories of Tyumen Industrial University. The reliability of the obtained data is confirmed by the high correlation of the results of numerical values with the data obtained by the scientific predecessors. **Research methodology.** The paper shows the developed plant for determination of the maximum operability temperature of replaceable cutting hard-alloy inserts on the basis of study of change of electromagnetic properties. The method of research is given. Tests of the specimen are carried out during heating of replaceable cutting inserts made of tungsten hard alloy B35 (92 %WC+8 %Co). The heating temperature interval is selected in accordance with the temperature mode of the cutting process in the blade treatment of hard-to-process materials. Thus, heating is carried out in the range from 0 to 1000 °C. The heating itself is carried out by the flame method manually. **Results and discussions.** Based on the results of experimental studies, tables of the results are compiled, where, with an interval of 10 °C, the corresponding values of the magnetic field of eddy currents induced in replaceable cutting inserts made of tungsten hard alloy B35 (92 %WC+8 %Co) are indicated. The results of the investigation are obtained to determine the maximum operability temperature of replaceable cutting hard alloy inserts based on the study of the change in electromagnetic properties for the hard alloy B35 (92%WC+8%Co) amounted to 460...730 °C, which corresponds to a cutting speed of 18 m/min during the treatment of the alloy EI867-VD (57 %Ni9 %Mo10 %Cr6 %W4.2 %Al4 %Co). On the basis of persistent tests in factory conditions, it is proved that the developed technique allows determining temperature intervals of maximum operability based on the study of changes in electromagnetic properties (magnetic field of eddy currents arising in replaceable cutting inserts) of hard alloys. These intervals make it possible to assign the most appropriate operating conditions for the cutting tool based on a scientifically sound technique that allows using the maximum tool resource.

For citation: Artamonov E.V., Tveryakov A.M., Shtin A.S. Determination of temperature of maximum operability of replaceable cutting hard-alloy inserts based on study of electromagnetic properties change. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty)* = *Metal Working and Material Science*, 2021, vol. 23, no. 1, pp. 33–44. DOI:10.17212/1994-6309-2021-23.1-33-44. (In Russian).

* Corresponding author

Shtin Anton S., Ph.D. (Engineering), Assistant

Industrial University of Tyumen,

38 Volodarskogo,

625000, Tyumen, Russian Federation

Tel.: +7-953-826-98-02, e-mail: shtin92@mail.ru

References

1. Artamonov E.V. *Prochnost' i rabotosposobnost' smennykh tverdospлавnykh plastin sbornyykh rezhushchikh instrumentov* [Durability and working capacity of retrofittable hard alloy blades of assembly cutting tools]. Tyumen, Vektor Buk Publ., 2003. 190 p. ISBN 5-88465-416-2.
2. Zorev N.N., Uteshev M.H. Untersuchung der Kintakt-spannungen auf den Arbeits-flachen des Werkzeugs miteiner Schneidenabrundung. *Berichte der Internationalen Forschungsgemeinschaft fur mechanische produktionstechnikstechnik*, 1971, vol. 20-1, pp. 31–32.
3. *Metallorezhushchii instrument, 2019–2020* [Metal cutting tool, 2019–2020]. Kirovgrad hard alloys plant. Kirovgrad, 2020. 284 p. Available at: http://www.kzts.ru/core/user_files/psm-2014.pdf (accessed 23.01.2021).
4. Vasin S.A., Vereshchaka A.S., Kushner V.S. Rezanie materialov: termomekhanicheskii podkhod k sisteme vzaimosvyazei pri rezanii [Cutting materials: thermomechanical approach to the system of relationships in cutting]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2001. 448 p. ISBN 5-7038-1823-0.
5. Grechishnikov V.A., Chemborisov N.A., Stupko V.B., Safarov D.T., Kuchina O.B., Grigor'ev S.N., Skhirtladze A.G. *Protsessy formoobrazovaniya i instrumental'naya tekhnika* [Shaping processes and tools]. Staryi Oskol, TNT Publ., 2012. 328 p. ISBN 978-5-94178-326-7.
6. Lapshin V.V., Zakharevich E.M., Grubiy S.V. Machining of linear negative matrices for fresnel lenses and prisms. *Russian Engineering Research*, 2016, vol. 36, iss. 10, pp. 826–830. DOI: 10.3103/S1068798X16100105.
7. Carceanu I., Cosmeleatǎ G., Ghiban B., Balanescu M., Nedelcu I. High performance composite materials created through advanced techniques. *Materiale Plastice*, 2007, vol. 44, iss. 4, pp. 321–325.
8. Ferri C., Minton T., Ghani S.B., Cheng K. Internally cooled tools and cutting temperature in contamination-free machining. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part C: Journal of Mechanical Engineering Science*, 2014, vol. 228, iss. 1, pp. 135–145. DOI: 10.1177/0954406213480312.
9. Kümmel J., Braun D., Gibmeier J., Schneider J., Greiner C., Schulze V., Wanner A. Study on micro texturing of uncoated cemented carbide cutting tools for wear improvement and built-up edge stabilization. *Journal of Materials Processing Technology*, 2015, vol. 215, pp. 62–70. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2014.07.032.
10. Gupta M.K., Sood P.K., Singh G., Sharma V.S. Sustainable machining of aerospace material – Ti (grade-2) alloy: modelling and optimization. *Journal of Cleaner Production*, 2017, vol. 147, pp. 614–627. DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.01.133.
11. Murthy K.S. Rajendran I. Optimization of end milling parameters under minimum quantity lubrication using principal component analysis and grey relational analysis. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 2012, vol. 34, iss. 3, pp. 253–261. DOI: 10.1590/S1678-58782012000300005.
12. Neugebauer R., Hochmuth C. Schmidt G., Dix M. Energy efficient process planning based on numerical simulations. *Advanced Materials Research*, 2011, vol. 223, pp. 212–221. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.223.212.
13. Nurulamin A., Jaafar I., Patwari A.U., Zubaire W. Role of discrete nature of chip formation and natural vibrations of system components in chatter formation during metal cutting. *IJUM Engineering Journal*, 2010, vol. 11 (1), pp. 124–126.
14. Tangjitsitharoen S., Moriwaki T. Intelligent monitoring and identification of cutting states of chips and chatter on CNC turning machine. *Journal of Manufacturing Processes*, 2008, vol. 10, pp. 40–46. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2007.04.043.
15. Patwari A., Amin N., Faris W. Investigations of formation of chatter in a non-wavy surface during thread cutting and turning operations. *Advanced Materials Research*, 2010, vol. 83, pp. 637–645. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.83-86.637.
16. Tillmann W., Schaak C., Biermann D., Abmuth R., Goeke S. Robot based deposition of WC-Co HVOF coatings on HSS cutting tools as a substitution for solid cemented carbide cutting tools. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2017, vol. 181, iss. 1, p. 012011. DOI: 10.1088/1757-899X/181/1/012011.
17. Zhang H., Fang Z.Z., Lu Q. Characterization of a bilayer WC-Co hardmetal using Hertzian indentation technique. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 2009, vol. 27, iss. 2, pp. 317–322. DOI: 10.1016/j.ijrmhm.2008.07.014.
18. Zhang C.L., Yue X., Jiang Y.T., Zheng W. A hybrid approach of ANN and HMM for cutting chatter monitoring. *Advanced Materials Research*, 2010, vol. 97, pp. 3225–3232. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.97-101.3225.
19. Artamonov E.V., Tveryakov A.M., Shtin A.S. Ustanovka dlya diagnostiki temperatury maksimal'noi rabotosposobnosti smennykh rezhushchikh plastin na osnove izmeneniya elektromagnitnykh svoystv tverdykh splavov [Installation for diagnostics of temperature of the maximum operability of the replaceable cutting plates on

the basis of change of electromagnetic properties of hard alloys]. *Kontrol'. Diagnostika = Testing. Diagnostics*, 2018, no. 12, pp. 54–57.

20. Artamonov E.V., Tveryakov A.M., Shtin A.S. Opredelenie temperatury maksimal'noi rabotosposobnosti instrumental'nykh tverdykh splavov [Determination of temperature of maximum working capacity of tool hard alloys]. *Obrabotka metallov (tekhnologiya, oborudovanie, instrumenty) = Metal Working and Material Science*, 2018, vol. 20, no. 3, pp. 47–57. DOI: 10.17212/1994-6309-2018-20.3-47-57.

21. Vereshchaka A.S. *Rabotosposobnost' rezhushchego instrumenta s iznosostoikimi pokrytiyami* [Operability of cutting tool with wear-resistant coatings]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1993. 336 p. ISBN 5-217-01482-2.

22. Artamonov E.V., Tveryakov A.M., Shtin A.S. Razrabotka elementov ustanovki dlya opredeleniya temperatury maksimal'noi rabotosposobnosti rezhushchikh elementov iz tverdykh splavov [Development of installation elements for determination of temperature of maximum operability of cutting elements from hard alloys]. *Transport i mashinostroenie Zapadnoi Sibiri = Transport and Mechanical Engineering of West Siberia*, 2018, no. 1, pp. 31–38.

23. Srithar A., Palanikumar K., Durgaprasad B. Experimental investigation and surface roughness analysis on hard turning of AISI D2 steel using coated Carbide insert. *Procedia Engineering*, 2014, vol. 97, pp. 72–77. DOI: 10.1016/j.proeng.2014.12.226.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2021 The Authors. Published by Novosibirsk State Technical University. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).