



Обработка металлов (технология • оборудование • инструменты)

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



Определение температуры максимальной работоспособности инструментальных твердых сплавов

Евгений Артамонов ^a, Андрей Тверяков ^b, Антон Штин ^{c, *}

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

^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

ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

УДК 621.91.02

История статьи:

Поступила: 28 марта 2018
 Рецензирование: 04 мая 2018
 Принята к печати: 15 августа 2018
 Доступно онлайн: 15 сентября 2018

Ключевые слова:

Твердые сплавы
 Обработка металлов
 Температура максимальной работоспособности

АННОТАЦИЯ

Введение. В настоящее время режимы резания для обработки металлов назначаются по справочным данным либо по рекомендациям заводов-изготовителей инструментов. Зачастую эта информация не обеспечивает оптимальных режимов обработки. Ситуация усугубляется, если речь идет о современном автоматизированном металлообрабатывающем оборудовании, где преждевременный выход из строя инструмента влечет за собой высокие экономические потери вследствие повреждения поверхности обрабатываемой детали и соответственно получения производственного брака. Предотвратить преждевременный выход из строя металлообрабатывающих инструментов позволят исследования изменения их работоспособности под действием температур, возникающих в процессе резания. **Предметом исследования** являются сменные режущие пластины из инструментальных твердых сплавов. **Цель данного исследования** – определение ускоренным методом температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин по зависимостям электрической проводимости инструментальных твердых сплавов группы WC-TiC-Co во всем температурном диапазоне резания металлов.

Методика исследований. В статье приведен анализ существующих методов определения температур максимальной работоспособности сменных режущих пластин из ИТС. Проанализированы существующие установки для проведения испытаний, в результате чего разработана новая установка для ускоренного определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из ИТС, исключающая выявленные недостатки. Приведено описание разработанной методики ускоренного определения температуры максимальной работоспособности по изменению электрической проводимости сменных режущих пластин из инструментальных двухкарбидных титановольфрамкобальтовых твердых сплавов WC-TiC-Co. **Результаты и обсуждения.** Получены результаты исследования электрической проводимости в зависимости от температуры испытаний сплавов группы WC-TiC-Co. На основе полученных данных были определены температуры максимальной работоспособности сплавов T5K10 730...780 °C, T15K6 860...970 °C. Доказана применимость разработанного метода на сплавах группы WC-TiC-Co. На основании доказательной части с достоверной точностью можно утверждать, что полученные температурные интервалы, где значения электрической проводимости имеют минимальные значения, соответствуют оптимальной температуре резания, при которой может быть минимальный поверхностный износ по задней поверхности, и соответствуют температурам максимальной работоспособности ИТС в авторской интерпретации.

Для цитирования: 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.

Введение

В настоящее время широко применяется высокопроизводительное металлообрабатывающее оборудование с числовым программным управ-

лением, что обуславливает высокую стоимость станко-минуты и необходимость интенсификации режимов резания [1]. При этом следует отметить, что инструмент является, как правило, наиболее слабым звеном в системе станок – приспособление – инструмент – деталь [2]. Высокопроизводительные сборные инструменты со сменными режущими пластинами из инструментальных твердых сплавов занимают важное

*Адрес для переписки

Штин Антон Сергеевич, аспирант
 Тюменский индустриальный университет
 ул. Володарского, 38
 625000, г. Тюмень, Россия
 Тел.: 8 (953) 826-98-02, e-mail: shtin92@mail.ru

место при обработке металлов резанием [3, 4]. Это подтверждает актуальность научного исследования по повышению работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов [5]. Во время работы инструмент подвергается воздействию больших температур, вызванных работой, совершаемой под действием сил резания [6–8]. Известно, что при высоких температурах физико-механические свойства инструментальных твердых сплавов (ИТС) изменяются. Изучение зависимости физико-механических свойств ИТС от температуры позволит повысить работоспособность сменных режущих пластин для сборных инструментов [9, 10].

Поэтому повышение эффективности механической обработки путем определения температуры максимальной работоспособности (ТМР) ИТС является актуальной проблемой [11–13].

Предметом исследования служат сменные режущие пластины из инструментальных твердых сплавов.

Целью работы является определение ускоренным методом температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин по зависимостям электрической проводимости инструментальных твердых сплавов группы WC-TiC-Co во всем температурном диапазоне резания металлов.

Исследования проводились впервые на двухкарбидных титановольфрамкобальтовых твердых сплавах (WC-TiC-Co). Для эксперимента были выбраны широко применяемые ИТС (T5K10, T15K6).

В рамках исследования были поставлены следующие задачи.

1. Разработать установку для определения ускоренным методом температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов.

2. Провести экспериментальные исследования по определению температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов группы WC-TiC-Co.

3. Установить зависимости значений электрической проводимости инструментальных твердых сплавов от температуры.

4. Определить ускоренным методом температуру максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов группы WC-TiC-Co.

Методика исследований

На сегодняшний день существует несколько способов определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов WC-Co на основе их физико-механических характеристик в зависимости от температуры [11, 13].

На основании анализа методик определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов группы WC-Co, однокарбидные вольфрамкобальтовые твердые сплавы, была выдвинута гипотеза о возможности определения температуры максимальной работоспособности по зависимости электрической проводимости от температуры сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов группы WC-TiC-Co, обладающих более высокой красностойкостью.

Для выполнения первой задачи было принято решение разработать новую установку для определения ускоренным методом температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов путем измерения электрической проводимости, так как известная установка имеет ряд недостатков, например, нестабильный процесс нагрева сменных режущих пластин, недостаточная точность определения замеряемых значений методом визуального контроля, ненадежный зажим образца из ИТС через два электропроводящих вывода [14]. Так как испытания проводились на группе сплавов WC-TiC-Co, обладающих большей красностойкостью по сравнению с группой WC-Co, добиться стабильного роста температуры без фиксирующих устройств для газовой горелки было невозможно. Был также автоматизирован процесс построения графических зависимостей и определения интервала температур максимальной работоспособности инструментальных твердых сплавов с помощью персонального компьютера. Это упростило практическую реализацию проекта.

Для определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из ИТС были выбраны два представителя группы WC-TiC-Co: T5K10 и T15K6. Во время эксперимента использовались сменные многогранные пластины стандартной четырехгранной

формы SNMA по ГОСТ 19051 [15, 16]. Испытания проводились на установке, представленной на рис. 1, которая состоит из стойки 1, столика 2, системы питания 3 (куда входят измерительные приборы: вольтметр, амперметр и термометр) и персонального компьютера (ПК) 18. Стойка представляет собой платформу с ходовым винтом 4, по которому перемещается гайка 5, поднимающая и опускающая лапку 6 с клипсой на шарнире 7 для фиксации и регулировки положения газовой горелки 8. Столик 2 содержит корпус 9 и диэлектрическую вставку 10, образец из ИТС 11, зафиксированный зажимными губками 12, в полости которых имеется керамический изолятор 13 с пазом установленной в него медной токоподводящей пластиной 14 прямоугольного сечения, прижимным винтом-барашком с округлыми лепестками 15. Система питания 3 и измерительные приборы 16 сведены в пульт управления установкой 17 с возможностью визуального контроля показаний приборов и передачи информации от измерительных приборов 16 во время работы установки по каналам связи на ПК 18 для регистрации показаний приборов 16 и определения температуры максимальной работоспособности.

Эксперимент начинался с того, что на диэлектрическую вставку 10, расположенную в корпусе 9 столика разработанной установки, располагают образец из ИТС 11, который фиксируют прижимными губками 12, в полости которых имеется керамический изолятор 13 с пазом, установленной в него медной токоподводящей пластиной 14 прямоугольного сечения прижимным винтом-барашком с округлыми лепестками 15. Затем с помощью пульта управления 17 подается питание посредством включения кнопки 19, при этом включается индикатор питания 20. Точная регулировка положения горелки производится по высоте с помощью гайки 5 на ходовом винте 4 и по углу наклона при помощи шарнира на клипсе 7, а интенсивность нагрева регулируется с помощью винта регулировки 21 поступления газа. Во время нагрева образца из ИТС 11 фиксация показаний приборов 22, 23, 24 с помощью пульта управления 17, информация от измерительных приборов во время

работы установки по каналам связи передается на ПК 18 для регистрации результатов измерений и определения температуры максимальной работоспособности.

Температура максимальной работоспособности (рис. 2) определяется с помощью графика зависимости электрической проводимости от температуры $G = f(\Theta)$ сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов по результатам испытаний в диапазоне, характерном для обработки металлов резанием (от 400 до 1000 °С) следующим образом.

По полученной графической зависимости определяется минимальное значение электрической проводимости G_{\min} , затем рассчитывается минимальное значение электрической проводимости G^* путем сложения минимальных значений электрической проводимости G_{\min} и ΔG , равной 5 % от значения G_{\min} (допустимая пятипроцентная точность для инженерных расчетов).

Далее на графике откладываем величину G^* (10...2 См) и через эту точку проводим прямую, параллельную оси абсцисс, до пересечения с линиями графика. Точки пересечения, проецируемые на ось абсцисс, принимаются как границы интервала температур максимальной работоспособности ИТС [11], [14]. По окончании эксперимента результат выводится в виде сообщения пользователю в диалоговом окне на экране персонального компьютера [14].

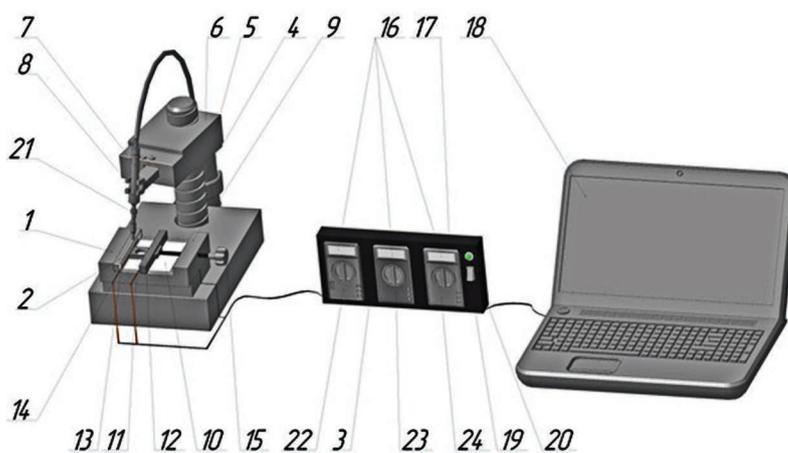


Рис. 1. Установка для определения температуры максимальной работоспособности

Fig. 1. Plant for determination of temperature of maximum working capacity

Результаты и их обсуждение

Высокая стоимость станко-минуты металлообрабатывающего оборудования с числовым программным управлением обуславливает необходимость определения условий максимальной работоспособности сменных режущих пластин из твердых сплавов, обеспечивающих гарантированную стойкость инструмента, а также позволяет провести интенсификацию режимов резания [1].

Работоспособность режущего инструмента – это такое его состояние, при котором он способен выполнять свои функции, имея износ рабочих поверхностей меньше критериального [17].

Одним из факторов, влияющих на износ режущего инструмента, является состояние ИТС [1, 18]. В хрупком состоянии обеспечивается максимальная твердость, но при этом минимальная прочность, что приводит к интенсивному износу. В пластичном состоянии ситуация обратная – при высокой прочности и минимальной твердости наблюдается потеря формоустойчивости инструмента, что приводит также к катастрофическому износу. Существует переходное состояние – хрупкопластическое, при котором сохраняется достаточная твердость с приемлемой прочностью, при этом наблюдается снижение величины износа, а следовательно, обеспечивается максимальная работоспособность [1, 19].

Работоспособность сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов характеризуется сопротивлением разрушению этого сплава, так как одним из количественных показателей работоспособности является износ инструмента [20]. Для того чтобы добиться максимальной работоспособности данного материала, необходимо определить состояние твердого сплава, при котором будет существовать некий баланс твердости и прочности. Такой эффект происходит за счет изменения физико-механических свойств инструментальных твердых сплавов при нагреве. Важно, что изменение одной из характеристик свидетельствует об изменениях всех свойств материалов [20–23].

Исследованием известной методики по определению температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов WC-Co на

графиках зависимостей значений электрической проводимости от температуры наблюдается снижение значений электрической проводимости сплава WC-Co, что свидетельствует об изменении состояния инструментального твердого сплава. Данное снижение наблюдается до точки перехода сплава из хрупкого в хрупкопластическое состояние. Далее переход из хрупкопластического в пластическое состояние характеризуется повышением значений электрической проводимости инструментального твердого сплава WC-Co [11].

Для решения второй и третьей задачи были проведены лабораторные исследования по описанной выше методике на образцах сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов повышенной красностойкости WC-TiC-Co (T5K10, T15K6).

По результатам исследований были получены зависимости значений электрической проводимости сплавов WC-TiC-Co от температуры (рис. 2 и 3). Каждая точка на графиках представляет собой среднее арифметическое значение электрической проводимости, полученное в результате не менее трех измерений. Около средних значений электрической проводимости показаны доверительные интервалы, соответствующие вероятности 95 %.

Полученные графические зависимости отражают изменения состояния инструментальных твердых сплавов при нагреве до высоких температур: хрупкое, хрупкопластическое, пластическое [1].

График можно разделить на три зоны соответствия характера изменения электрической проводимости и состояния твердого сплава: первая зона – электрическая проводимость уменьшается, твердый сплав в хрупком состоянии. Третья зона – электрическая проводимость увеличивается, состояние материала пластическое. Вторая зона – диапазон минимальных значений электрической проводимости и хрупкопластического состояния инструментального твердого сплава WC-TiC-Co. По исследованиям, описанным в работе [1], максимальное количество энергии нужно затратить для разрушения образца из твердого сплава, когда он принимает хрупкопластическое состояние, что соответствует температурному интервалу для T5K10 – (730...780 °С), T15K6 – (860...970 °С).

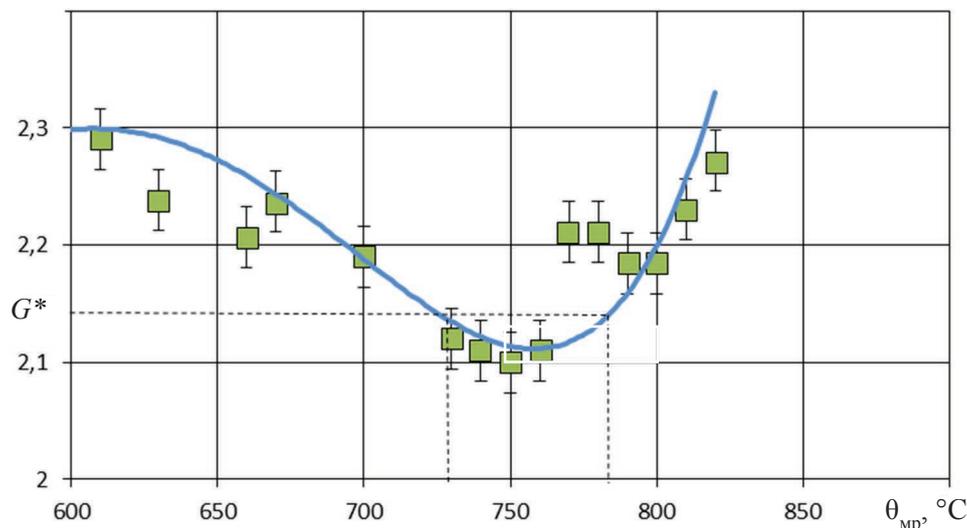
$G, 10^{-2} \text{ См}$


Рис. 2. Зависимость электрической проводимости сплава Т5К10 от температуры

Fig. 2. The dependence of electrical conductivity of tool hard alloy 5 % TiC + 75 % WC + 10 % Co on temperature

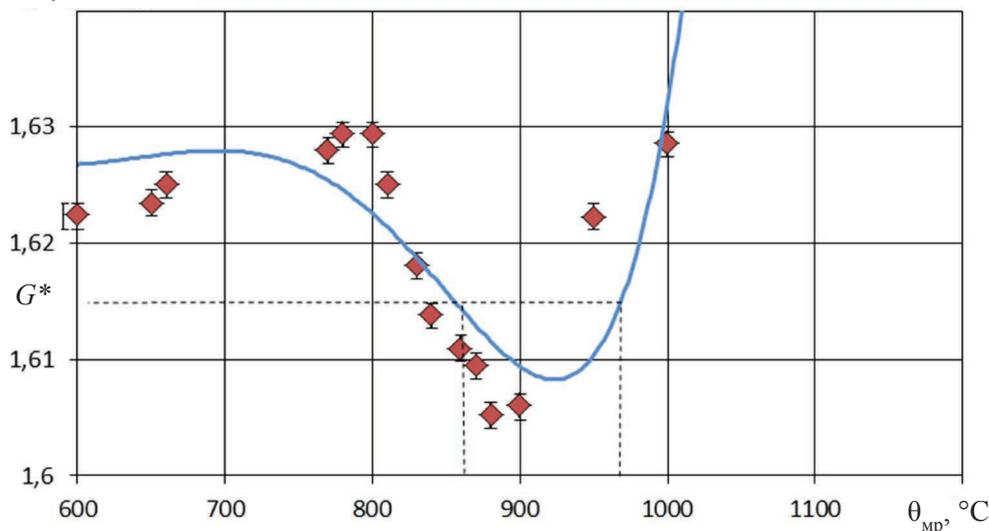
 $G, 10^{-2} \text{ См}$


Рис. 3. Зависимость электрической проводимости сплава Т15К6 от температуры

Fig. 3. The dependence of electrical conductivity of tool hard alloy 15 % TiC + 79 % WC + 6 % Co on temperature

Для подтверждения применимости методики ускоренного определения температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов для группы WC-TiC-Co был проведен сравнительный анализ полученных зависимостей электрической проводимости от температуры

(рис. 4, а) с интенсивностью износа $h_{из}$ режущей пластины из инструментального твердого сплава Т15К6 (15 % TiC + 79 % WC + 6 % Co) при точении электротехнической стали Э (рис. 4, б) [9].

Как следует из рис. 4, минимальные значения электрической проводимости и минимальные значения износа $h_{из}$, являющейся ко-

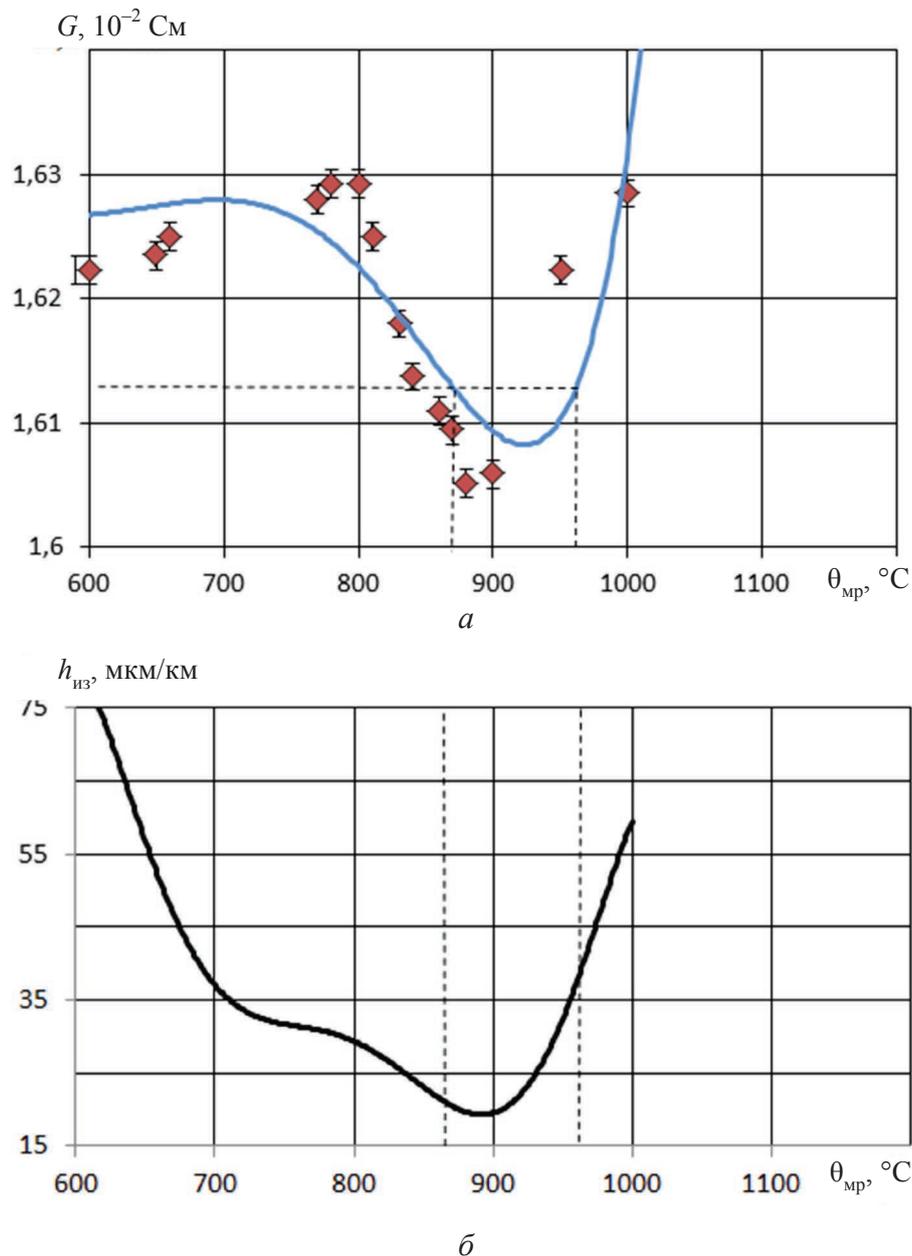


Рис. 4. Сравнительный анализ:

a – зависимость электрической проводимости сплава Т15К6 от температуры; b – интенсивность износа $h_{из}$ при точении электротехнической стали Э сплавом Т15К6 от температуры

Fig. 4. Comparative analysis:

a – the dependence of electrical conductivity of tool hard alloy 15 % TiC + 79 % WC + 6 % Co on temperature; b – the dependence of wear rate of $h_{из}$ when cutting electrical steel by alloy 15 % TiC + 79 % WC + 6 % Co on temperature

личественным показателем максимальной работоспособности режущих пластин, с достоверной точностью находятся в одном температурном интервале (860...970 °С), что позволяет по среднему значению определять температуру максимальной работоспособности режущих пластин из ИТС.

Полученные данные также имеют высокую корреляцию с результатами, полученными грузинскими учеными Т.Н. Лоладзе и З.С. Таварткиладзе, зависимости пути резания при точении стали 40Х резцом из сплава Т15К6 от температуры, где в том же температурном интервале, соответствующем минимальным значениям



электрической проводимости, имеет место быть максимальный путь резания [21].

Полученные температурные интервалы позволяют определить оптимальную скорость резания, обеспечивающую максимальный путь резания, при обработке конкретного изделия. Обработка в данном температурном диапазоне предотвратит преждевременный выход из строя инструмента, обеспечит гарантированную стойкость на протяжении всей технологической операции или определенной партии изделия. Использование данных рекомендаций позволит обеспечить максимальную работоспособность инструмента и повысить производительность обработки, а вследствие этого снизить себестоимость готового изделия до 15 %.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать следующий вывод.

1. Разработана установка для определения ускоренным методом температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов WC-TiC-Co.

2. Проведены экспериментальные исследования по определению температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов группы WC-TiC-Co.

3. Получены зависимости значений электрической проводимости инструментальных твердых сплавов группы WC-TiC-Co от температуры.

4. Определены ускоренным методом температуры максимальной работоспособности сменных режущих пластин из инструментальных твердых сплавов для широко применяемых представителей группы WC-TiC-Co: T5K10 730...780 °C, T15K6 860...970 °C.

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. 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. – Ста-

рый Оскол: ТНТ, 2012. – 328 с. – ISBN 978-5-94178-326-7.

3. 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.

4. 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.

5. 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.

6. High performance composite materials created through advanced techniques / I. Carceanu, G. Cosmeleatã, B. Ghiban, M. Balanescu, I. Nedelcu // *Materiale Plastice*. – 2007. – Vol. 44, iss. 4. – P. 321–325.

7. 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.

8. 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.

9. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. – 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1976. – 278 с.

10. 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.

11. Артамонов Е.В., Василега Д.С., Тверяков А.М. Определение температуры максимальной работоспособности твердосплавных режущих пластин на основе электрической проводимости // *Заводская лаборатория. Диагностика материалов*. – 2014. – Т. 80, № 9. – С. 36–39.

12. 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.

13. *Vasilega D.S., Zyryanov V.A.* Analysis of possible application of temperature dependences of processed materials' physical and mechanical properties to define the maximum workability temperature // *Key Engineering Materials*. – 2017. – Vol. 737. – P. 114–118. – doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.737.114.

14. Патент 172959 Российская Федерация, МПК В 23 В 1/00. Установка для определения температуры максимальной работоспособности твердосплавных режущих пластин / Е.В. Артамонов, А.М. Тверяков, А.С. Штин. – № 2016130884; заявл. 26.07.2016; опубл. 02.08.2017. – Бюл. № 22.

15. *Ostapenko M.S., Vasilega D.S.* Method of evaluation of quality of metal-cutting tool // *Applied Mechanics and Materials*. – 2013. – Vol. 379. – P. 49–55. – doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.379.49.

16. *Vasilega D.S., Ostapenko M.S.* Efficiency improvement of metal lathing by using of an evaluation technique of assembly machine tools quality // *Key Engineering Materials*. – 2016. – Vol. 684. – P. 421–428. – doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.684.421.

17. *Верещака А.С.* Работоспособность режущего инструмента с износостойкими покрытиями. – М.: Машиностроение, 1993. – 336 с. – (Библиотека инструментальщика). – ISBN 5-217-01482-2.

18. *Zorev N.N., Uteshev M.H.* Untersuchung der Kinetikspannung auf den Arbeitsflächen des Werkzeugs mit einer Schneidenabrundung // *Berichte der Internationalen Forschungsgemeinschaft für mechanische Produktionstechnik*. – 1971. – Vol. 20-1. – P. 31–32.

19. *Shalamov V.G., Savel'ev D.A., Smetanin S.D.* Producing powder by rotary grinding // *Russian Engineering Research*. – 2013. – Vol. 33, iss. 3. – P. 133–135. – doi: 10.3103/S1068798X13030167.

20. *Васин С.А., Верещака 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.

21. *Лоладзе Т.Н.* Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.

22. *Резников А.Н., Резников Л.А.* Тепловые процессы в технологических системах. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.

23. *Петрушин С.И., Даниленко Б.Д., Ретюнский О.Ю.* Оптимизация свойств материала в композиционной режущей части лезвийных инструментов: учебное пособие. – Томск: ТПИ, 1999. – 96 с.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

© 2018 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 Working Capacity of Tool Hard Alloys

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

Tyumen Industrial University, 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: 28 March 2018

Revised: 04 May 2018

Accepted: 15 August 2018

Available online: 15 September 2018

Keywords:

Hard alloys

Metal processing

Maximum working capacity
temperature

ABSTRACT

Introduction. Nowadays cutting modes for metal processing are specified according to reference data or according to recommendations of tool manufacturers. Often this information does not provide optimal cutting modes. The situation is aggravated in the case of modern automated metal-working equipment, where a premature failure of the tool entails high economic losses due to damage of the workpiece surface, i.e. manufacturing issue. Studying the changes in performance of metalworking tools under the influence of temperatures arising during processing will prevent its premature failure. **The subject** of the study is replaceable cutting inserts made of tool hard alloys. **The object of the study is to determine** (by means of a shortcut method) a temperature of maximum working capacity of the replaceable cutting inserts according to relations of electrical conductivity of tool hard alloys relevant to WC-TiC-Co group in all temperature ranges of metal cutting. **Research technique.** The paper contains an analysis of existing methods of determination of maximum working capacity temperatures of replaceable cutting inserts made of THA (tool hard alloys). Existing plants for tests performance are analyzed. A new plant for accelerated determination of temperature of maximum working capacity of the replaceable cutting inserts made of THA are developed as a result of the analysis. This new plant excludes the discovered deficiencies. The paper contains a description of the developed method for accelerated determination of temperature of maximum working capacity for changing the electrical conductivity of replaceable cutting inserts made of instrumental hard alloys relevant to WC-TiC-Co group. **Results and discussions.** The results of the study of electrical conductivity as a function of the test temperature of the WC-TiC-Co group alloys are obtained. On the basis of the data obtained, the temperatures of maximum working capacity of alloys 5 % TiC + 85 % WC + 10 % Co 730...780 °C, 15 % TiC + 79 % WC + 6 % Co 860...970 °C are determined. The applicability of the developed method on alloys of the WC-TiC-Co group is proved. On the basis of the evidence, it can be stated with reliable accuracy that the resulting temperature intervals, where the values of electrical conductivity have minimal values, correspond to the optimum cutting temperature at which there is minimal surface wear on the back surface, and correspond to the temperatures of the maximum operability of the THA in the author's interpretation.

For citation: Artamonov E.V., Tveryakov A.M., Shtin A.S. Determination of temperature of maximum working capacity of tool hard alloys. *Obrabotka metallov (tehnologiya, 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. (In Russian).

References

1. Artamonov E.V., *Prochnost' i rabotosposobnost' smennykh tverdospлавnykh plastin sbornykh rezhushchikh instrumentov* [Durability and working capacity of retrofittable hard alloy blades of assembly cutting tools], Tyumen', Vector Buk Publ., 2003. 190 p. ISBN 5-88465-416-2.
2. 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* [Processes of shaping and tool equipment]. Staryi Oskol, TNT Publ., 2012. 328 p. ISBN 978-5-94178-326-7.

* Corresponding author

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

Tyumen Industrial University,

38 Volodarskogo, Tyumen, 625000, Russian Federation

Tel.: 89538269802, e-mail: shtin92@mail.ru

3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. Carceanu I., Cosmeleată 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.
7. 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.
8. 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.
9. Makarov A.D. *Optimizatsiya protsessov rezaniya* [Optimization of cutting processes]. 2nd ed. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976. 278 p.
10. 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.
11. Artamonov E.V., Vasilega D.S., Tveryakov A.M. Opredelenie temperatury maksimal'noi rabotosposobnosti tverdosplavnykh rezhushchikh plastin na osnove elektricheskoi provodimosti [Determination of temperature of maximum working capacity of hard alloy cutting blades on the ground of electric conductivity]. *Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov = Industrial laboratory. Materials diagnostics*, 2014, vol. 80, no. 9, pp. 36–39. (In Russian).
12. 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.
13. Vasilega D.S., Zyryanov V.A. Analysis of possible application of temperature dependences of processed materials' physical and mechanical properties to define the maximum workability temperature. *Key Engineering Materials*, 2017, vol. 737, pp. 114–118. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.737.114.
14. Artamonov E.V., Tveryakov A.M., Shtin A.S. *Ustanovka dlya opredeleniya temperatury maksimal'noi rabotosposobnosti tverdosplavnykh rezhushchikh plastin* [Setup for determining the maximum temperature for increased performance longevity of replaceable cutting discs]. Patent RF, no. 172959, 2016.
15. Ostapenko M.S., Vasilega D.S. Method of evaluation of quality of metal-cutting tool. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 379, pp. 49–55. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.379.49.
16. Vasilega D.S., Ostapenko M.S. Efficiency improvement of metal lathing by using of an evaluation technique of assembly machine tools quality. *Key Engineering Materials*, 2016, vol. 684, pp. 421–428. doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.684.421.
17. Vereshchaka A.S. *Rabotosposobnost' rezhushchego instrumenta s iznosostoikimi pokrytiyami* [Operability of the cutting tool with wearproof coverings]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1993. 336 p. ISBN 5-217-01482-2.
18. Zorev N.N., Uteshev M.H. Untersuchung der Kintakt-spannungser auf den Arbeits-flachen des Werkzeugs miteiner Schneidenabrundung, 1971, vol. 20-1, pp. 31–32.
19. Shalamov V.G. Savel'ev D.A., Smetanin S.D. Producing powder by rotary grinding. *Russian Engineering Research*, 2013, vol. 33, iss. 3, pp. 133–135. doi: 10.3103/S1068798X13030167.
20. Vasin S.A., Vereshchaka A.S., Kushner B.C. *Rezanie materialov: termomekhanicheskii podkhod k sisteme vzaimosvyazei pri rezanii* [Cutting of materials: thermomechanical approach to the system of interrelations when cutting]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2001. 448 p. ISBN 5-7038-1823-0.
21. Loladze T.N. *Prochnost' i iznosostoikost' rezhushchego instrumenta* [Durability and wear resistance of the cutting tool]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982. 320 p.
22. Reznikov A.N., Reznikov L.A. *Teplovye protsessy v tekhnologicheskikh sistemakh* [Thermal processes in technological systems]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1990. 288 p.



23. Petrushin S.I., Danilenko B.D., Retyunskii O.Yu. *Optimizatsiya svoistv materiala v kompozitsionnoi rezhushchei chasti lezviinykh instrumentov* [Optimization of properties of material in the composite cutting part of lezviyny tools]. Tomsk, TPI Publ., 1999. 99 p.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

© 2018 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/>).