

ВЛИЯНИЕ ОБРАБОТКИ ТЛЕЮЩИМ РАЗРЯДОМ НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ¹

М.А. Белая, В.М. Шеменков

Раскрыто влияние факторов модифицирующей обработки в тлеющем разряде на износостойкость инструмента из однокарбидного твердого сплава, работающего в условиях знакопеременных периодических нагрузок; реализована математическая модель описывающая область оптимума.

Ключевые слова: Тлеющий разряд, твердый сплав, износостойкость, модифицирование.

Повышение эксплуатационных характеристик твердосплавных инструментов является важной задачей, решение которой позволяет обеспечивать рост производительности труда, экономия дорогостоящих и дефицитных инструментальных материалов, энергии и трудовых ресурсов. Основными путями повышения эксплуатационных характеристик инструмента являются создание новых инструментальных материалов, а также улучшение качественных характеристик традиционно используемых материалов.

Успехи в развитии вакуумной техники осаждения материалов, физики плазмы, материаловедения, химии конденсированных состояний стимулировали широкое использование методов улучшения эксплуатационных характеристик инструментов.

Учитывая определяющую роль свойств поверхностного слоя в обеспечении надежности, работоспособности и стойкости режущих инструментов в настоящее время большое внимание уделяется созданию, развитию и совершенствованию различных методов энергетического воздействия на поверхностные слои инструментальных материалов. При этом одним перспективным является метод модифицирующей обработки в тлеющем разряде [1].

Исследование влияния обработки твердосплавных инструментов в тлеющем разряде на их работоспособность производилось на фрезерном станке 6Д12Ф20 при фрезеровании брусков (80×80×400) из различных материалов. В качестве инструмента использовалась однозубая торцовая фреза, оснащенная многогранной неперетачиваемой пластиной из твердого сплава ВК8 в исходном состоянии и подвергнувшись обработке, при различных энергетических характеристиках тлеющего разряда и времени обработки в нем. Использование однозубой торцовой фрезы позволило исключить влияние биения зубьев на закономерности размерного износа [2, 3].

Исследования стойкости проводились путем измерения износа по задней поверхности при прохождении зубом фрезы равных участков до достижения предельного износа, равного 0,7 мм, соответствующего полустачковому фрезерованию [4].

В качестве исследуемого параметра был принят коэффициент повышения стойкости k_{Li} , который показывает повышение пути резания пластиной после обработки ее в тлеющем разряде по отношению к пути резания, пройденному пластиной в состоянии поставки до достижения критического износа, т. е:

$$k_{Li} = \frac{L_{OBRi}}{L_{HI}}, \quad (1)$$

¹ Статья подготовлена в ходе выполнения научно-исследовательской работы студентов на кафедре «Металлорежущие станки и инструменты»

где $L_{обри}$ – путь, пройденный i -й пластиной из твердого сплава, обработанной в плазме тлеющего разряда до достижения критического износа, м;

$L_{ни}$ – путь, пройденный i -й пластиной из твердого сплава в состоянии поставки до достижения критического износа, м.

В качестве основных факторов, влияющих на приращение коэффициента стойкости выбраны такие составляющие процесса модификации, как напряжение тлеющего разряда U , кВ, плотности тока тлеющего разряда J , А/м², и время, затраченное на модификацию, T , мин.

Для установления зависимости приращения коэффициента стойкости многогранных пластин из твердого сплава ВК8 от основных факторов процесса модифицирующей обработки в тлеющем разряде зависимость $k_L = f(U, J, T)$ аппроксимировали полиномом второй степени.

В результате статистической обработки экспериментальных данных получены математические модели в натуральных значениях, адекватно представляющие эксперимент.

Приращение коэффициента стойкости многогранных пластин из твердого сплава ВК8 при фрезеровании стали 45 k_{L45} :

$$\begin{aligned} k_{L45} = & 0,959 + 0,026 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) + 0,032 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) + 0,029 \left(\frac{T-30}{10} \right) + \\ & + 0,079 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) - 0,76 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) - 0,186 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + \\ & + 0,094 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right)^2 + 0,005 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right)^2 + 0,127 \left(\frac{T-30}{10} \right)^2. \end{aligned} \quad (2)$$

Приращение коэффициента стойкости многогранных пластин из твердого сплава ВК8 при фрезеровании чугуна СЧ20, $k_{LCч20}$:

$$\begin{aligned} k_{LCч20} = & 1,377 + 0,016 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) + 0,003 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) - 0,167 \left(\frac{T-30}{10} \right) + \\ & + 0,143 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) + 0,235 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + 0,048 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + \\ & + 0,031 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right)^2 + 0,043 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right)^2 + 0,008 \left(\frac{T-30}{10} \right)^2 \end{aligned} \quad (3)$$

Приращение коэффициента стойкости многогранных пластин из твердого сплава ВК8 при фрезеровании аустенитной стали 12Х18Н10Т, $k_{L12Х18Н10Т}$:

$$\begin{aligned} k_{L12Х12Х18Н} = & 0,358 + 0,136 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) + 0,144 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) - 0,04 \left(\frac{T-30}{10} \right) + \\ & + 0,15 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) - 0,073 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + 0,03 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right) \left(\frac{T-30}{10} \right) + \\ & + 0,193 \left(\frac{U-2,0}{0,7} \right)^2 + 0,094 \left(\frac{J-0,25}{0,075} \right)^2 + 0,096 \left(\frac{T-30}{10} \right)^2. \end{aligned} \quad (4)$$

Проведенные исследования позволили получить ряд зависимостей приращения коэффициента стойкости от двух факторов при значении третьего, находящимся на основном уровне, представленных на рис. 2-4. Представленные зависимости позволяют

определить областей оптимальных значений основных параметров модифицирующей обработки.

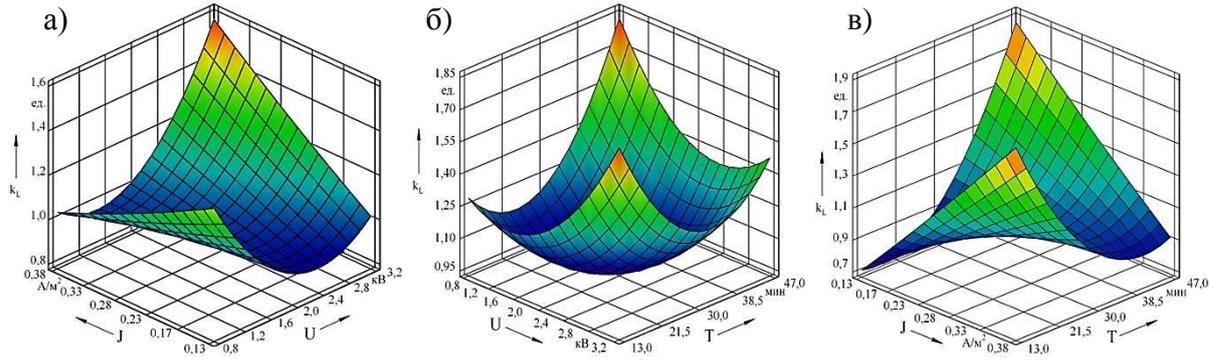


Рис. 1. Влияние напряжения горения тлеющего разряда V , кВ, и плотность тока J , A/m^2 , (а); напряжения горения тлеющего разряда V , кВ, и времени обработки T , мин, (б); плотности тока J , A/m^2 , и времени обработки T , мин, (в) на приращение коэффициента стойкости пластин из твердого сплава ВК8 при обработке стали 45

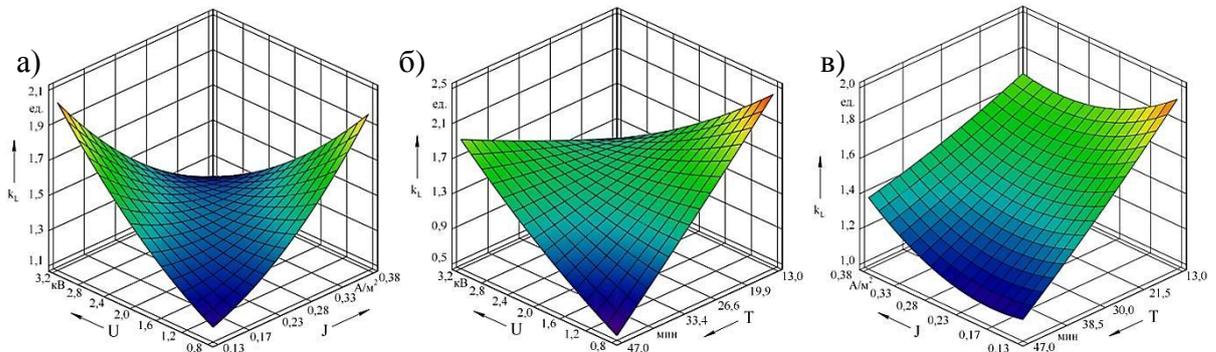


Рис. 2. Влияние напряжения горения тлеющего разряда V , кВ, и плотность тока J , A/m^2 , (а); напряжения горения тлеющего разряда V , кВ, и времени обработки T , мин, (б); плотности тока J , A/m^2 , и времени обработки T , мин, (в) на приращение коэффициента стойкости пластин из твердого сплава ВК8 при обработке чугуна СЧ20

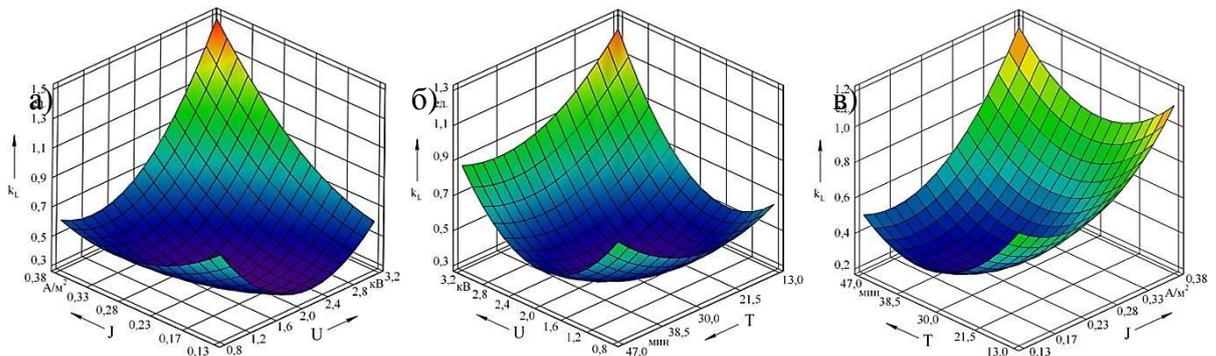


Рис. 3. Влияние напряжения горения тлеющего разряда V , кВ, и плотность тока J , A/m^2 , (а); напряжения горения тлеющего разряда V , кВ, и времени обработки T , мин, (б); плотности тока J , A/m^2 , и времени обработки T , мин, (в) на приращение коэффициента стойкости пластин из твердого сплава ВК8 при обработке стали 12Х18Н10Т

На основании анализа представленных результатов моделирования, были определены значения основных характеристик обработки твердосплавного инструмента в тлеющем разряде, соответствующие наибольшим значениям приращения коэффициента стойкости при обработке различных материалов в условиях прерывистого резания.

Таким образом, основные параметры процесса модификации инструмента из твердого сплава ВК8 в тлеющем разряде, с учетом наименьшего значения удельной мощности горения тлеющего разряда, принимают следующие значения:

– при фрезеровании стали 45 напряжение горения тлеющего разряда U принимаем равным 2,7 кВ, плотность тока J , равной $0,325 \text{ А/м}^2$ (удельная мощность горения разряда $W = 0,88 \text{ кВт/м}^2$), при времени обработки $T = 30 \text{ мин}$;

– при фрезеровании серого чугуна СЧ20 напряжение горения тлеющего разряда U принимаем равным 0,8 кВ, плотность тока J , равной $0,25 \text{ А/м}^2$ (удельная мощность горения разряда $W = 0,2 \text{ кВт/м}^2$), при времени обработки $T = 15 \text{ мин}$;

– при фрезеровании коррозионно-стойкой стали 12Х18Н10Т напряжение горения тлеющего разряда U принимаем равным 2,7 кВ, плотность тока J , равной $0,325 \text{ А/м}^2$ (удельная мощность горения разряда $W = 0,88 \text{ кВт/м}^2$), при времени обработки $T = 30 \text{ мин}$.

Большой интерес с точки зрения металлообработки представляет исследование динамики износа модифицированного твердосплавного инструмента и сравнительный анализ с динамикой износа инструмента, не подвергнутого модифицирующей обработке.

Для исследования динамики износа были выбраны многогранные пластины из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки, пластины, подвергнутые модифицирующей обработке в тлеющем разряде с режимами, соответствующими рекомендациям, представленным выше для конкретного обрабатываемого материала.

Помимо перечисленных пластин для сравнительного анализа также были отобраны многогранные пластины из твердого сплава ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN, так как данное покрытие наиболее часто используется в инструментальном производстве.

Обработка проводилась с найденными ранее оптимальными режимами резания.

Результаты исследований нашли свое отражение на *рис. 5-7*.

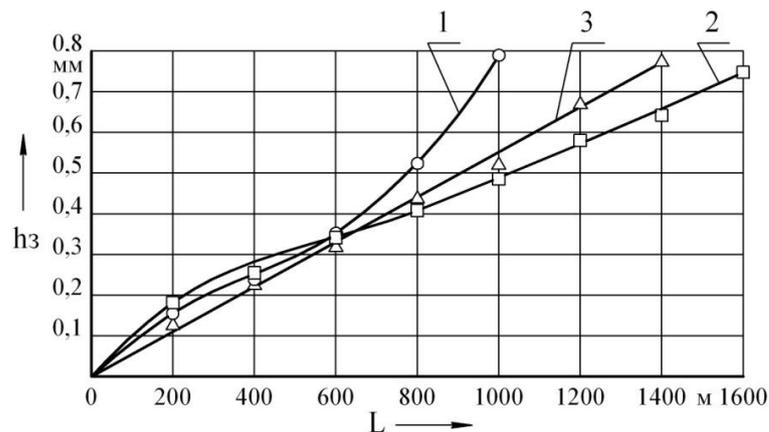


Рис. 4. Результаты стойкостных испытаний при фрезеровании стали 45 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК8: 1 – ВК8 в состоянии поставки; 2 – ВК8 после обработки в тлеющем разряде; 3 – ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN

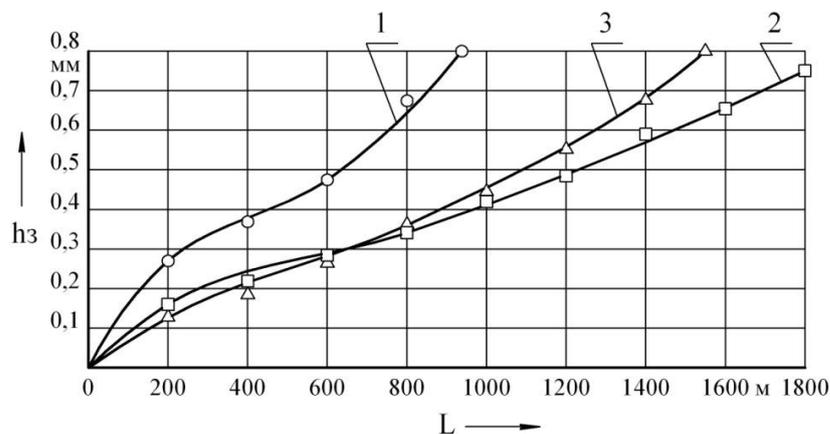


Рис. 5. Результаты стойкостных испытаний, при фрезеровании серого чугуна СЧ 20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК8: 1 – ВК8 в состоянии поставки; 2 – ВК8 после обработки в тлеющем разряде; 3 – ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN

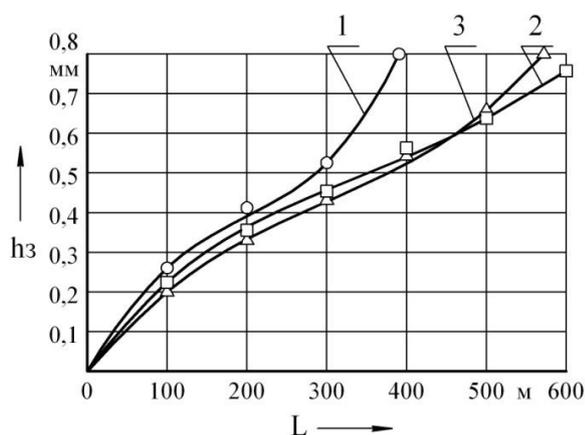


Рис. 6. Результаты стойкостных испытаний при фрезеровании коррозионно-стойкой стали 12X18H10T торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК8: 1 – ВК8 в состоянии поставки; 2 – ВК8 после обработки в тлеющем разряде; 3 – ВК8 с нанесенным износостойким покрытием из TiN

Анализируя полученные экспериментальные данные, можно отметить, что износ многогранных пластин из твердого сплава ВК8 в состоянии поставки полностью соответствует классическим положениям теории резания, а именно, на графиках четко видны такие участки, как зона приработки, нормального и катастрофического износов.

Износ многогранных пластин из твердого сплава ВК8, подвергнутых модифицирующей обработке в высоковольтном тлеющем разряде, отличается отсутствием зоны катастрофического износа. Износ на всём протяжении резания является относительно равномерным.

Сравнительный анализ динамики износа многогранных пластин из твердого сплава ВК8, подвергнутых модифицирующей обработке, и пластин с нанесенным износостойким покрытием из TiN позволил выявить, что пластины с нанесенным покрытием являются менее эффективными, особенно при фрезеровании серого чугуна СЧ 20 и конструкционной стали 45. Низкая эффективность пластин с износостойким покрытием связана с тем, что в процессе фрезерования происходит отслоение, и скол покрытия под действием переменных тепловых полей и сил резания.

Аналогичная картина изнашивания наблюдалась при использовании в качестве режущих элементов торцовых фрез многогранных пластин из твердых сплавов ВК6 и ВК15 при фрезеровании серого чугуна СЧ20. В результате сравнительного анализа было выявлено, что при обработке твердым сплавом ВК6, стойкость повысилась в среднем в 2,3 раза, а при использовании твердого сплава ВК15 стойкость повысилась в 1,8 раза.

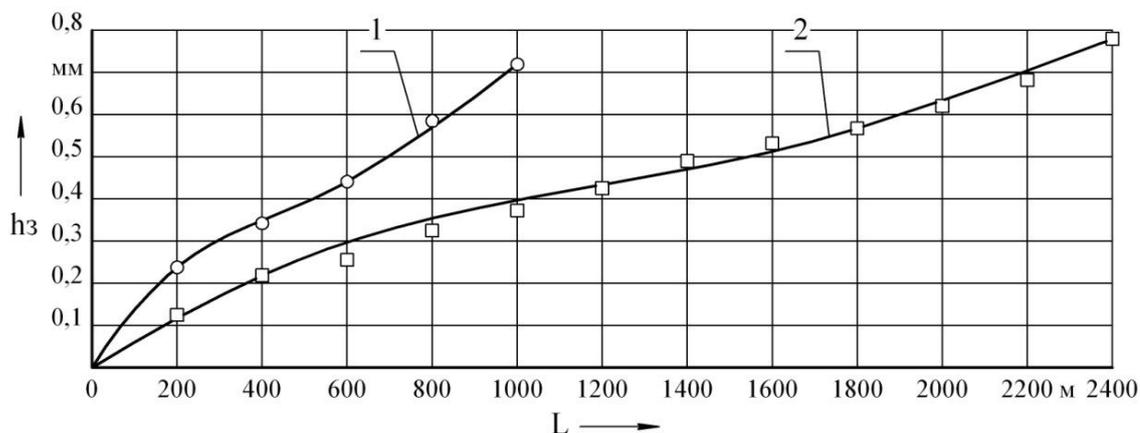


Рис. 7. Результаты стойкостных испытаний, при фрезеровании серого чугуна СЧ 20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК6: 1 – ВК6 в состоянии поставки; 2 – ВК6 после обработки в тлеющем разряде;

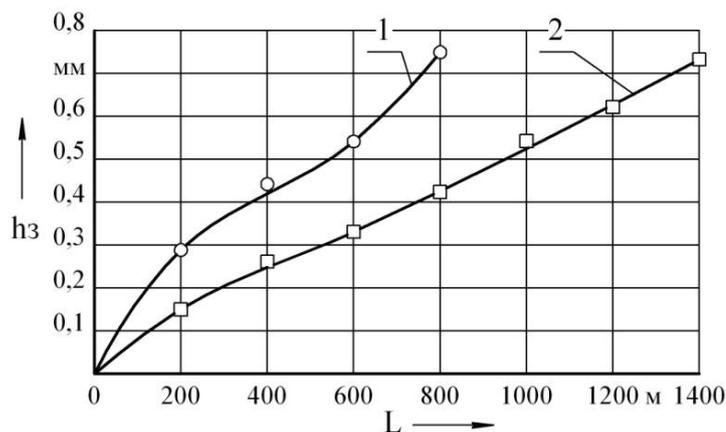


Рис. 8. Результаты стойкостных испытаний, при фрезеровании серого чугуна СЧ 20 торцовыми фрезами, оснащенными пластинами из твердого сплава ВК15: 1 – ВК15 в состоянии поставки; 2 – ВК15 после обработки в тлеющем разряде

Выводы

1 Обработка инструментов из твердого сплава ВК8 в тлеющем разряде вызывает повышение их износостойкости при обработке широкого спектра конструкционных материалов.

2 Установленные в работе закономерности по влиянию параметров модифицирующей обработки на повышение износостойкости применимы ко всем однокарбидными твердым сплавам.

3 Модифицирующая обработка в большей степени эффективна при обработке материалов с образованием элементной или суставчатой стружки, снижающей площадь контакта с передней поверхностью и приводящей к уменьшению износа по передней поверхности, так как износ по передней поверхности ведет к интенсивному удалению модифицированного слоя, что нежелательно.

Литература

1. Пат. № 14716 ВУ, U C 21 D 1/78. Способ упрочнения изделий из металла или сплава, или сверхтвердого или графитосодержащего материала / В. М. Шеменков, А.Ф. Короткевич; заявитель и патентообладатель Государственное учреждение высшего профессионального образования «Белорусско-Российский университет». - № 20091136; заявл. 27.07.2009. зарегестр. 10.05.2011. – 3 с.
2. Макаров, А. Д. Износ и стойкость режущих инструментов / А. Д. Макаров – М.: Машиностроение, 1966. – 564 с.: ил.
3. Ходырев, В. И. Влияние параметров модификации многогранных твердосплавных пластин сборных торцовых фрез на качество поверхностного слоя обрабатываемых деталей / В. И. Ходырев, В. М. Шеменков, А. Ф. Короткевич // Вестн. МГТУ. Прогрессивные технологии, оборудование, инструменты и материалы в машиностроении. – 2004. – № 1. – С. 184–186.
4. Справочник технолога-машиностроителя / А. Г. Косилова [и др.]; под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мецержакова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – Т. 2.

Белая Марина Александровна

Выпускница машиностроительного факультета
Белорусско-Российский университет, г. Могилёв
Тел.: +375(29) 543 98 88

Шеменков Владимир Михайлович

Доцент кафедры «Металлорежущие станки и инструменты», канд. техн. наук
Белорусско-Российский университет, г. Могилёв
Тел.: +375(222) 26-60-31