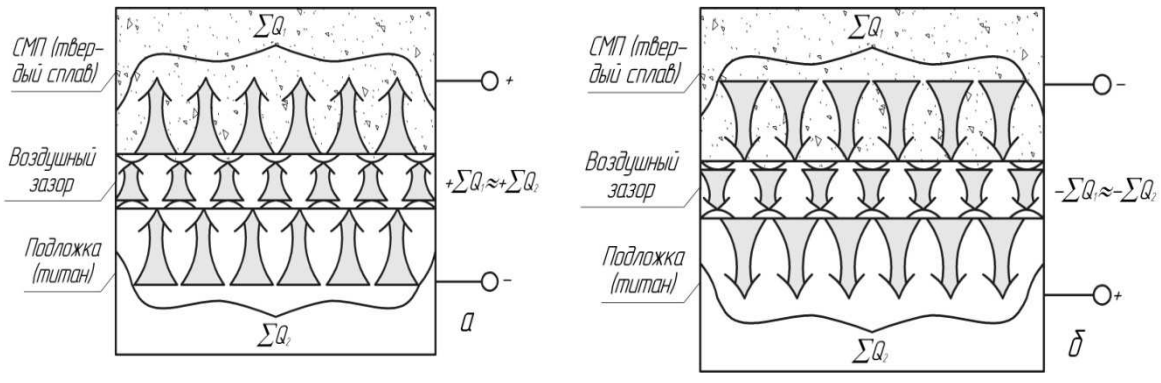
ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА НА ОСНОВЕ СНЯТИЯ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИНАХ

Р.С. Чуйков, к.т.н., доц., А.А. Моховиков, к.т.н., доц., С.С. Чуйков*
Тюменский нефтегазовый университет, 625048, г. Тюмень, e-mail: 795348@mail.ru
** Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета*
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, e-mail: maa28@rambler.ru

В настоящее время в связи с широким применением в различных областях промышленности металлокерамических сплавов проблематика их ресурсоэффективности при экстремальных условиях эксплуатации имеет высокую актуальность. Повышение эксплуатационных свойств металлокерамических сплавов в современной мировой практике достигается за счет совершенствования структуры как в общем объеме сплава, так и в поверхностных слоях путем легирования металлического связующего, подбора карбидной фазы и режимов спекания порошковых смесей [1].

Новым решением, направленным на изыскания дополнительных возможностей повышения ресурсоэффективности металлокерамических (твердых) сплавов, работающих в условиях резания металла, является релаксация внутренних напряжений, возникающих на стадии спекания твердого сплава. Исследования, проведенные на кафедре "Станки и инструменты" Тюменского государственного нефтегазового университета, показали, что поломка, выкрашивание и скалывание СМП вызваны наличием внутренних напряжений. Кроме того, на основании теории Шпета [2] научным руководителем [3] была сформулирована гипотеза о том, что внутренние напряжения, которые должны возникать в ИТС при изготовлении СМП, могут быть сняты путем предварительного нагрева режущих пластин до начала процесса резания, что должно обеспечить повышение их работоспособности. Однако до настоящего времени не было изучено влияние и механизм воздействия внутренних напряжений в ИТС группы титановольфрамокобальтовой (ТК) на работоспособность СМП сборных инструментов.

Для повышения работоспособности сборных инструментов с СМП разработано новое техническое решение по реализации метода предварительного нагрева СМП для снятия внутренних напряжений в ИТС. В соответствии с эффектом Пельтье, известно что, если через пограничную область между двумя соприкасающимися различными металлами (рис. 1), например, пластинами из твердого сплава группы ТК (TiC-CO) и титана (Ti), пропустить электрический ток, то электроны, проходя через эту область, будут, в зависимости от направления тока либо ускоряться контактным полем, либо тормозиться. В первом случае (рис. 1а) в пограничном слое наблюдается выделение тепла, а во втором (рис. 1б) – поглощение тепла.



а) б)

Рис. 1. Схемы тепловых потоков при нагреве (а) и охлаждении (б) твердосплавной пластины согласно эффекта Пельтье

Известен способ [4], в котором для интенсификации теплообмена между пластинами вводили связующий слой, который состоит из дисульфида молибдена и жидкого стекла, что позволило поднять температуру нагрева твердосплавной пластины до 600°С. В данном случае, опираясь на экспериментальные данные влияния температуры на внутренние напряжения второго рода в ИТС группы ТК, было установлено, что при увеличении температуры путем нагрева пластин до 700°С внутренние напряжения второго рода в ИТС можно уменьшить практически до нуля. Поэтому данная модель

была доработана за счет изменения процентного содержания компонентов состава связующего слоя, что позволило интенсифицировать процесс теплообмена между пластинами (рис. 2).

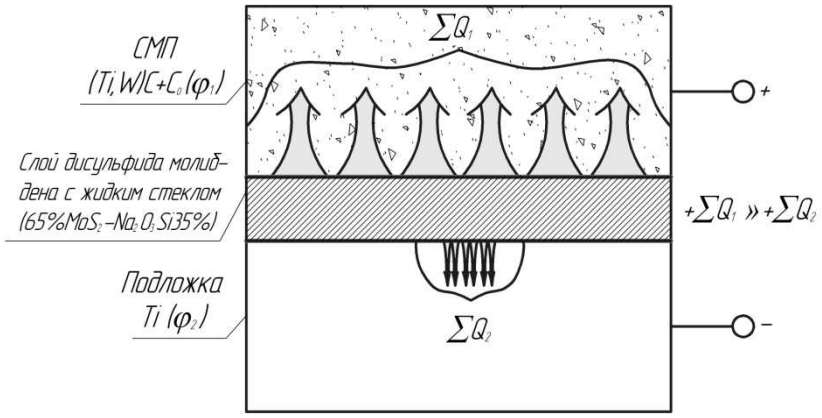


Рис. 2. Схема тепловых потоков при предварительном нагреве СМП из ИТС группы ТК

Согласно предложенной физической модели процесса нагрева СМП из ИТС группы ТК на основе эффекта Пельтье количество теплоты, выделяющееся в СМП из ИТС группы ТК, можно определить из выражения:

$$\sum Q_1' = \Delta\varphi \cdot I \cdot \Delta t \quad (1)$$

где $\sum Q_1'$ – количество теплоты в СМП; I – сила тока; $\Delta\varphi$ – разность потенциалов между пластинами, которая определяется из выражения $\Delta\varphi = (\varphi_1 - \varphi_2)$; Δt – промежуток времени.

Количество теплоты, которое необходимо для того, чтобы нагреть пластину на величину ΔT можно найти из формулы

$$\sum Q_1'' = \Delta T \cdot C, \quad (2)$$

где ΔT – температура; C - теплоемкость сменной многогранной пластины, которая равна $C = m \cdot c$, где m – масса СМП; c – удельная теплоемкость.

Если учесть, что теплоотвод от СМП группы ТК в воздух незначителен, то можно считать:

$$\sum Q_1' = \sum Q_1'' \quad (3)$$

Преобразуя формулы (1), (2), (3), получаем выражение для физической модели, которое позволяет определить изменение температуры ΔT СМП при установленном значении силы тока I:

$$\Delta T = \frac{\Delta\varphi \cdot I \cdot \Delta t}{C} \quad (4)$$

Для определения силы тока в окончательном варианте может быть использована формула:

$$I = \frac{\Delta T}{\Delta t} \cdot \frac{C}{\Delta\varphi} \quad (5)$$

Установлена возможность снижения внутренних напряжений путем предварительного нагрева СМП для повышения работоспособности сборных инструментов с СМП за счет устранения хрупкого состояния в начальный период резания.

Для того, чтобы повысить работоспособность режущего инструмента (РИ) из ИТС группы ТК необходимо снять внутренние напряжения в ИТС. Для этого до начала процесса обработки детали резанием нужно предварительно нагреть режущую пластину до температуры, при которой происходит переход сплава из зоны хрупкого в зону хрупкопластического состояния. Данная установка (рис. 3) с предварительным регулируемым подогревом СМП из ИТС группы ТК разработана для того, чтобы обеспечить такое сочетание прочности и трещиностойкости материала режущей части РИ, которая повысит его работоспособность.

Кроме того, данная установка позволяет решить задачу по повышению износостойкости СМП из ИТС группы ТК за счет снижения напряжений второго рода при предварительном нагреве их до температуры 700°С до начала процесса обработки, что значительно уменьшает вероятность возникновения микросколов и микровыкрашивания режущей кромки СМП путем перевода их в зону хруп-

копластического разрушения. Тем самым сокращается или практически полностью устраняется период холодной приработки РИ. Регулирование рабочей температуры при предварительном подогреве СМП из ИТС группы ТК позволяет настраивать установку на режимы обработки (подогрева) твердосплавных пластин различных марок. Конструкция инструмента является полностью авторской работой, что подтверждено подачей заявки на получение патента на полезную модель.

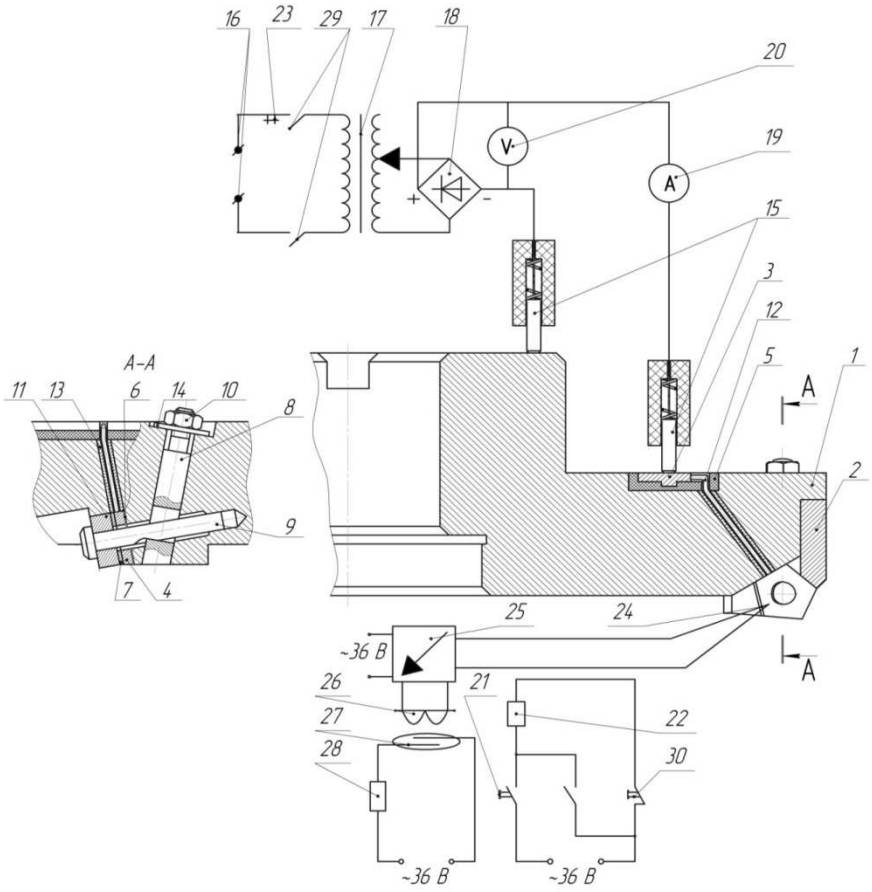


Рис. 3. Металлорежущий инструмент с принципиальной электрической схемой предварительного подогрева:
1 – корпус, 2 – кольцо, 3 – токоподводящее кольцо, 4 – токоподводящая пластина, 5 – текстолитовая прокладка, 6 – изолирующая прокладка, 7 – связующий слой, 8 – тяга, 9 – крепежный штифт, 10 – гайка, 11 – режущая пластина, 12 – проволока, 13 – трубка из кварцевого стекла, 14 – шайба, 15 – графитовые щетки, 16 – источник питания, 17 – автотрансформатор, 18 – выпрямитель, 19 – вольтметр, 20 – амперметр, 21 – кнопка «пуск», 22 – пускатель, 23 – контакты пускателя, 24 – термопара, 25 – регулируемый блок усиления, 26 - электромагнит с сердечником, 27 – геркон, 28 – реле, 29 – контакт, 30 – кнопка «стоп»

Устройство работает следующим образом.

До начала процесса фрезерования включают кнопку «пуск» 21, запускается пускатель 22. Как только контакты 23 пускателя 22 начинают замыкать нагревательную электрическую цепь, происходит нагрев режущей пластины 11 из инструментального твердого сплава. Чтобы обеспечить требуемые параметры нагрева режущей пластины 11 из инструментального твердого сплава, в выходную цепь выпрямителя 18 включены амперметр 19 и вольтметр 20 постоянного тока. К корпусу 1 подключен один из полюсов выпрямителя 18, а второй полюс подключается к токоподводящей пластине 4. Когда электрический ток проходит через режущую пластину 11 из инструментального твердого сплава и связующий слой 7, между ними выделяется значительное количество теплоты на основе эффекта Пельтье и непосредственно в самой режущей пластине 11 на основании закона Джоуля-Ленца. Температурный диапазон в процессе резания сохраняется при обработке детали за счет теп-

ловыделения при резании, а также регулируемого нагрева, который осуществляется посредством включения через геркон 27 и реле 28 нагревательной электрической цепи.

При включении установки перед процессом фрезерования на границе контакта СМП из ИТС группы ТК и титановой пластины пропускается постоянный электрический ток, который проходит через связующий слой, состоящий из дисульфида молибдена и жидкого стекла. На основе эффекта Пельтье идет нагрев СМП до температуры 700°С, что обеспечивает снятие в них внутренних напряжений и, соответственно, увеличивает стойкость сборного инструмента. При дальнейшем процессе механической обработки требуемый температурный диапазон поддерживается за счет тепловыделения при фрезеровании. Силы тока достаточно не более 150 А для нагрева режущей пластины до 700°С.

Производственные испытания (рис. 4) опытного образца разработанной сборной фрезы с СМП из ИТС сплава Т15К6, где исследовались зависимости влияния скорости резания V на путь резания L, температуру резания Θ и поверхностный относительный износ $h_{оп}$, показали, что предварительный нагрев СМП до температуры 700°С перед непосредственным процессом обработки заготовки значительно повышает работоспособность инструмента, а именно, путь резания увеличивается на 30-35% за счёт снятия внутренних напряжений сплава пластины и обеспечивает в интервале скоростей 85÷110 м/мин зону стабильного минимального износа.

При стойкостных испытаниях сборной фрезы использовались стандартные методики [5-6] и поверенное измерительное оборудование.

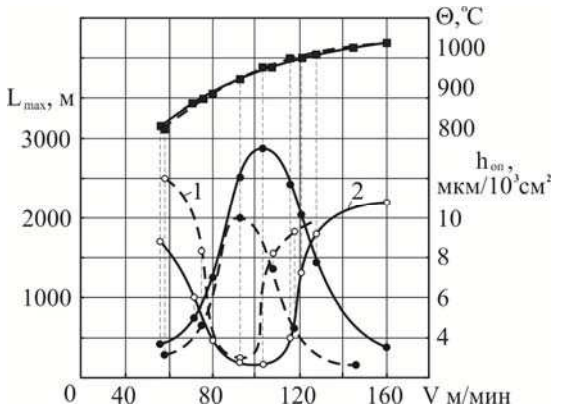


Рис. 4. Зависимость влияния скорости резания на путь резания, температуру резания и поверхностный относительный износ при фрезеровании детали из сплава 5ХГМ; фреза с СМП из Т15К6 (Sz=0,1 мм/зуб, t=1 мм, V=0÷160 м/мин) 1 – без нагрева, 2 – с предварительным нагревом СМП (● - путь резания; ○ - поверхностный относительный износ; ■ – температура резания)

Таким образом установлено, что снятие внутренних напряжений второго рода в СМП из ИТС группы ТК путем их предварительного нагрева повышает работоспособность режущего инструмента на 30-40%, а также разработано и запатентовано устройство для регулируемого нагрева твердосплавных режущих пластин [7], обеспечивающее повышение работоспособности СМП из ИТС группы ТК.

Литература.

1. Ovcharenko V.E., Mokhovikov A.A., Ignatiev A.S. Improving durability of cermets for metal cutting by generation of subsurface multilevel structures// Applied Mechanics and Materials.- 2013.-Vol. 379.- P. 131-138.
2. Späht W. Einige Betrachtungen zum Festigkeitsverhalten von Hartmetallen. – Metall, 1958, Bd 12, №10, S. 925–929.
3. Артамонов Е.В. Прочность и работоспособность сменных твердосплавных пластин сборных режущих инструментов / Монография. – Тюмень: Нефтегазовый университет, 2003. – 192 с.
4. Чуйков Р.С. Повышение работоспособности сменных твердосплавных пластин путем снятия внутренних напряжений : дис. …канд. техн. наук : 05.02.07 / Чуйков Роман Сергеевич. – Т., 2004. – 108 с.
5. Makarov A.D. Optimization of cutting processes. – M.: Mechanical Engineering, 1976. – 278 p.
6. Vereschaka A.S. Workability of cutting tool with antiwear covers. – M.: Mechanical Engineering, 1993 – 336 p.
7. Пат. 135557 Российская Федерация, МПК B23 B 27/16 (2006.01). Установка для регулируемого подогрева твердосплавной режущей пластины / Е.В. Артамонов, С.С. Чуйков, Р.С. Чуйков, А.С. Ставышенко ; заявитель и патентообладатель Тюменский государственный нефтегазовый университет. – № 2013113465/02; заявл. 26.03.2013 ; опубл. 20.12.2013, Бюл. № 35. – 2 с.