

Список литературы: 1. Кроха В. А. Упрочнение металлов при холодной пластической деформации / В. А. Кроха. – М. : Машиностроение, 1980. – 155 с. 2. Третьяков А. В. Механические свойства сталей при пластическом деформировании : справочник / А. В. Третьяков, Г. К. Трофимов, М. К. Гурьянов. – М. : Машиностроение, 1971. – 268 с. 3. Полухин П. И. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов : справочник / П. И. Полухин, Г. Я. Гун, А. М. Галкин. – М. : Металлургия, 1983. – 352 с. 4. Ковка и штамповка : справочник : в 4 т. Т. 1. Материалы и нагрев. Оборудование. Ковка / под ред. Е. И. Семенова. – М. : Машиностроение, 1985. – 568 с. 5. Хензель А. Расчет энергосиловых параметров в процессах обработки давлением : справочник / А. Хензель, Т. Шпиттель. – М. : Металлургия, 1982. – 360 с. 6. Марочник сталей и сплавов / под общ. ред. А. С. Зубченко. – 2-е изд., доп. и испр. – М. : Машиностроение, 2003. – 784 с. 7. Сопротивление деформации и пластичность при обработке металлов давлением / Ю. Г. Калтин [и др.]. – М. : Машиностроение, 2011. – 244 с.; 73 ил. 8. Людвиг П. Основы технологической механики // Расчеты на прочность. – М. : Машиностроение, 1970. – Вып. 15. – С. 130–166. 9. Губкин С. И. Пластическая деформация металлов : в 3 т. Т. 1. Физико-механические основы пластической деформации / С. И. Губкин. – М. : Металлургиздат, 1960. – 376 с. 10. Грушко А. В. Развитие использования метода твердости по Бринеллю для определения напряжения текучести при холодной деформации / А. В. Грушко // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2013. – № 1. – С. 36–39. – ISSN 0543-5749. 11. Грушко А. В. Определение параметров кривой течения материала по его твердости / А. В. Грушко // Обработка материалов давлением : сб. научн. трудов. – Краматорск : ДГМА, 2010. – № 2 (23). – С. 83–87. – ISSN 2076–2115. 12. Грушко А. В. Определение кривой течения материала по стандартным механическим характеристикам / А. В. Грушко // Вісник Національного технічного університету України «КПІ». Серія : «Машинобудування». – К. : НТУУ «КПІ», 2010. – № 60. – С. 133–137. – ISSN 2305-9001. 13. Грушко О. В. Побудова кривої течії матеріалу за границями міцності і текучості / О. В. Грушко, В. А. Огородніков, М. І. Побережний, М. П. Єленич // Вісник ВПІ. – 2009. – № 6 (87). – С. 90–93. – ISSN 1997–9266.

Надійшла до редколегії 11.11.2013

УДК 620.178.152.28

Изучение двухпараметрической степенной кривой упрочнения на основе твердости и характеристик прочности металла / Грушко А. В. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – №43 (1016). – С. 66–72. Бібліогр.: 13 назв.

У роботі запропоновані методи побудови кривих зміцнення на основі стандартних механічних характеристик матеріалу – твердості Брінелля у поєднанні з даними границь міцності і текучості при розтягуванні. Апроксимація кривих зміцнення прийнята у вигляді степеневої функції за П. Людвігом. Побудовані номограми, показана особливість методів і їх точність на прикладі 8 різних матеріалів.

Ключові слова: крива зміцнення, твердість за Брінеллем, границя міцності, границя текучості, степенева функція.

The methods of construction of hardening curve on the basis of standard mechanical descriptions of material are in-process offered – to Brinell hardness in combination with data of tensile and fluidity strengths at tension. Approximation of hardening curve is accepted as a power law by P.Ludwig. Nomogrammy is built, the feature of methods and their exactness is rotined on an example 8 different materials.

Keywords: hardening curve, Brinell hardness, tensile strength, yield stress, power law.

УДК 621.735:669.131

Д. А. ГУСАЧУК, канд. техн. наук, доц., Луцький НТУ;
П. П. САВЧУК, докт. техн. наук, проф., Луцький НТУ;
Ю. П. ФЕЩУК, канд. техн. наук, доц., Луцький НТУ;
М. Д. МЕЛЬНИЧУК, канд. техн. наук, доц., Луцький НТУ.

ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ НА ХАРАКТЕР ПЛАСТИЧНОЇ ДЕФОРМАЦІЇ ВИСОКОМІДИСТИХ ЧАВУНІВ

В роботі досліджували особливості пластичної деформації високомідистих чавунів при підвищених температурах. Встановлено, що присутність високомідистої фази дозволяє підвищити ресурс пластичності сплавів. Наявність потовщеної оболонки високомідистої фази навколо первинних

кристалітів графіту дозволяє уникнути явища графітного шарування, яке властиве звичайним чавунам. При температурах деформування близько 700 °С досягнуто ефекту субкритичної надпластичності розроблених сплавів.

Ключові слова: чавун, мідь, високоміди́ста фаза, литий композитний матеріал, структура, температура, пластичне деформування, деформація, пластичність, напруження.

Вступ. Присутність міді в сірих чавунах [1, 2] дозволяє покращити їх деякі фізико-механічні характеристики як конструкційних матеріалів. При високих добавках міді (>4,0 %) в структурі сірих чавунів формується специфічна структура з наявністю кулястих включень на основі високоміди́стої ϵ -фази. Такий структурний стан покращує триботехнічні характеристики.

Аналіз останніх досліджень та літератури. Перспективним напрямком в галузі отримання виробів з простих та легованих чавунів є використання процесів пластичного формування [3, 4]. В попередніх дослідженнях [5, 6] встановлено, що наявність включень високоміди́стої ϵ -фази підвищує пластичність сірих чавунів з компактним графітом в умовах холодної пластичної деформації. Проте, поведінка подібних сплавів в умовах деформування при підвищених температурах не вивчена.

Метою роботи було встановити вплив температури нагріву на характер пластичного деформування та структуру високоміди́стих сірих чавунів з компактним графітом.

Матеріали досліджень. Для досліджень використовувались сплави: $\text{Cu}=6\dots 8\%$; $\Sigma\text{C}, \text{Si}=5\%$, модифікування Mg , з перлітною мталевою матрицею. В структурі даного типу чавунів формуються кулясті включення на основі високоміди́стої фази (рис. 1), які переважно охоплюють первинні кристаліти графіту, виключаючи їх контакт з Fe-C матрицею. За структурними ознаками отримані сплави можна віднести до литих композитних матеріалів (ЛКМ). Структурно встановлено, що сфероїди на основі високоміди́стої ϵ -фази являють собою конгломерат фаз $\Gamma+\epsilon$. Макроструктура характеризується відносно рівномірним розподілом включень з середніми розмірами самих включень 150...200 мкм.

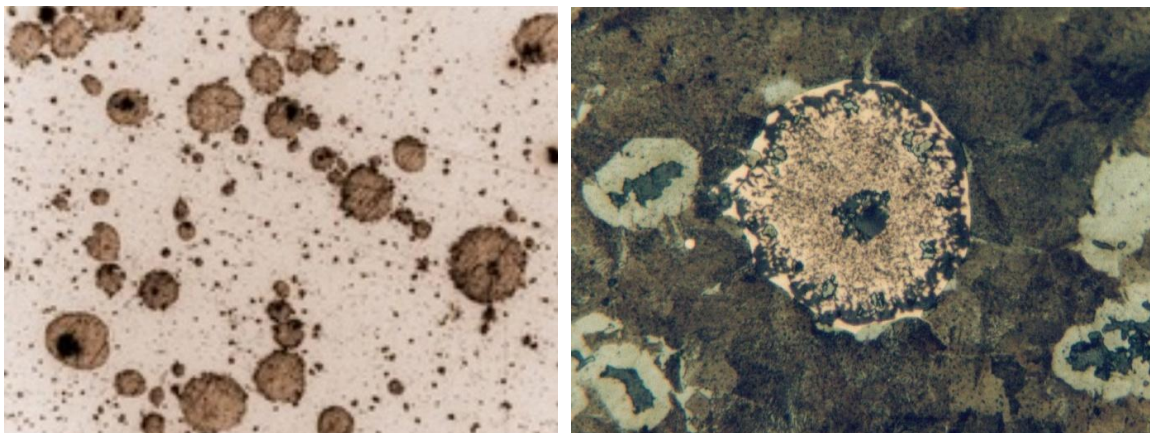


Рис. 1 – Макро- та мікроструктура високоміди́стого чавуну перлітного класу.
Кулясті включення – сфероїди $\Gamma+\epsilon$

В роботі для дослідження пластичної деформації високомістих чавунів використовувався метод деформування, що полягав в осаджуванні циліндричного зразка у високотемпературній камері при сталій температурі ($\pm 10^\circ\text{C}$). Для такого виду випробувань використовувався спеціально виготовлений дослідний штамп (рис. 2). Осаджування проводилось між двома жароміцними плитами (сплав ЖС6У). Контроль температури зразка при проведенні досліджень здійснювали за допомогою двох термопар типу ТХА, розміщених по обидві діаметрально протилежні сторони зразка. Дослідження проводили в інтервалі температур від 500 до 850 $^\circ\text{C}$. Структура металевої матриці чавунів всіх плавів перед деформуванням була перлітною.

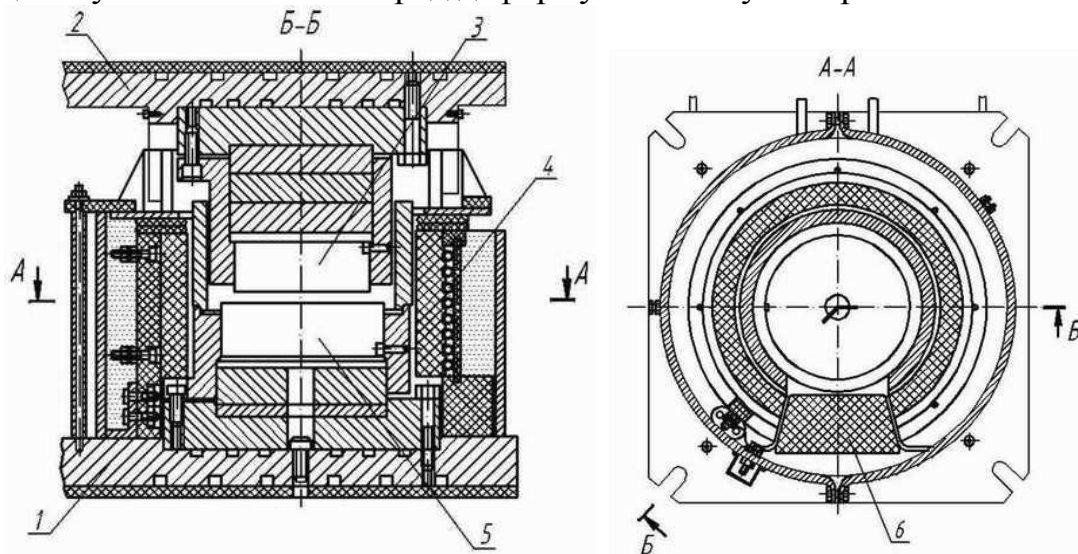


Рис. 2 – Штамп для ізотермічного деформування:

1, 2 – нижня та верхня плити; 3, 5 – робочі вставки; 4 – нагрівач; 6 – заглушка.

В роботі поведінку отриманих ЛКМ при пластичному деформуванні вивчали на основі залежностей «напруження–деформації» (« σ - ϵ »). За напруження σ приймали питоме навантаження на контактних поверхнях з урахуванням сил тертя, за ступінь деформації – ступінь осадки зразка ϵ .

Результати досліджень. Наявність включень $\Gamma+\epsilon$ в структурі виливків з високомістих чавунів змінює характер пластичної деформації в порівнянні з звичайними чавунами. Вплив ϵ -фази на структуроутворення високомістого чавуну вивчали на основі порівняльного аналізу структурних змін при деформації з нагрівом до 500...850 $^\circ\text{C}$ високомістого чавуну та безмістого звичайного чавуну.

Відомо [2], що мідь суттєво впливає на положення критичної температури i , відповідно, субкритичного інтервалу температур евтектоїдного перетворення чавунів. Розчиняючись у евтектоїдному цементиті, мідь підвищує його термодинамічну активність, викликаючи пониження субкритичного інтервалу температур. Таким чином, деформація високомістого чавуну вже при температурах 600...650 $^\circ\text{C}$ суттєво відрізняється від деформації звичайних чавунів, для яких субкритичний інтервал температур лежить вище. Із залежностей « σ - ϵ » (рис. 3) встановлено, що перехід у пластичний стан високомістого чавуну відповідає нижчим значенням σ в порівнянні із

звичайними високоміцними чавунами. Це пов'язано не лише з проходженням дифузійних процесів фазового перетворення, але і з присутніми сферичними включеннями ϵ -фази. Підвищення пластичності високоміцної фази пов'язане з проходженням процесів динамічної рекристалізації, що для сплавів міді спостерігається при температурах вище 500°C . Це викликає спотворення сферичних включень вже на початку пластичної деформації перлітного високоміцного чавуну.

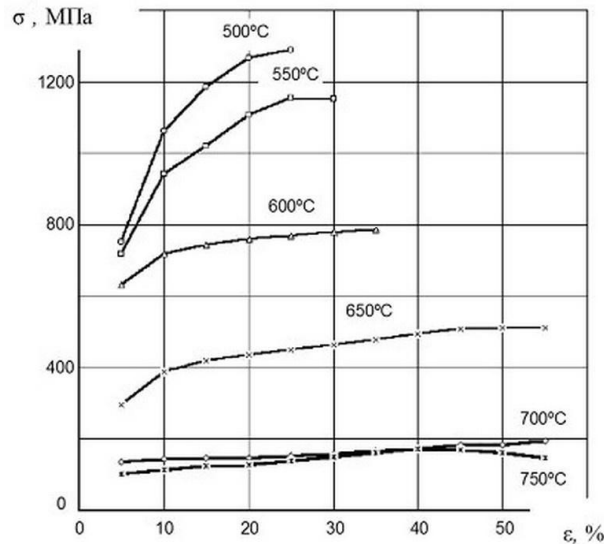


Рис. 3 – Залежності « σ - ϵ » при ізотермічному деформуванні перлітного високоміцного чавуну ($\text{Cu}=7,35\%$).

Інтенсивна пластична деформація високоміцних включень ініціює розвиток пластичного течіння металевої матриці. В досліджуваних сплавах значна кількість домішкових атомів сегрегує навколо дислокаційних дефектів та викликає їх блокування. При температурах вище 650°C помітна рухливість цих дислокацій на початку пластичної деформації спостерігається в об'ємах перліту розміщених навколо високоміцної ϵ -фази. Таке явище на кривій деформації високоміцного чавуну фіксується деяким падінням напруження деформації, значення якого, мало змінюється практично на всьому проміжку пластичної деформації. Таким чином, при субкритичних температурах деформації високоміцного чавуну ініціатором пластичної деформації є високоміцні включення $\Gamma+\epsilon$.

Подальша деформація високоміцного чавуну викликає помітне спотворення форми сферичних включень ϵ -фази, особливо при великих ступенях деформації. Тобто, значна частина напружень поглинаються ϵ -фазою, сприяючи підвищенню пластичності високоміцного чавуну. Така ситуація завдячує особливій взаємодії структурних складових композиту з різним рівнем механічних параметрів.

За рахунок релаксації певної частини напружень у високоміцній фазі вдається уникнути значного спотворення графітних кристалітів. Як показали мікроструктурні дослідження, графітні кристаліти в розроблених ЛКМ здатні зберігати порівняно компакту форму на значному проміжку пластичної

деформації. Незначне спотворення графітної фази ЛКМ пов'язане, також, з суттєвим розвитком динамічних процесів в металевій матриці при деформації в межах субкритичних температур. Явища переповзання дислокаційних дефектів та консервативного руху дислокацій викликають «турбулентність» пластичного течіння металевої матриці біля границі мідистих включень (рис. 4). Це, в свою чергу, значно зменшує нерівномірність поля напружень, що виникають навколо графітних кристалітів.

Тобто графіт компактної форми перебуває в напруженому стані, який наближений до об'ємного. Виникає нерівномірне стиснення кристаліту, що для кристалів гексагонального типу сприяє підвищенню їх міцності та стійкості проти ковзання. Тому на протязі значного періоду деформації високомідистого чавуну, при субкритичних температурах, графітні кристаліти здатні зберігати порівняно компактну форму.

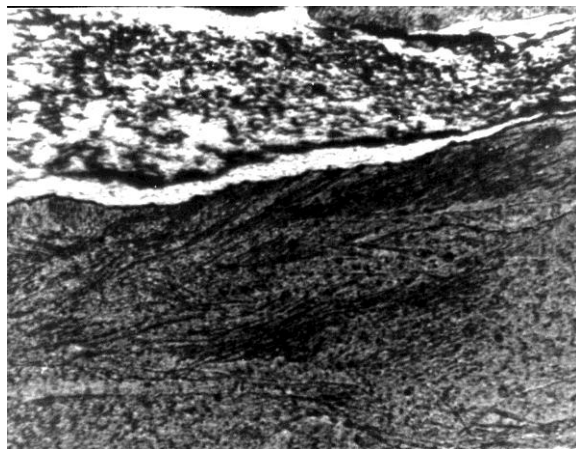


Рис. 4 – Сліди ковзання в перліті біля границі включення Г+ε.
Зона інтенсивної деформації зразка, деформованого осадкою на 50 % при 700°C.

Для звичайного чавуну спотворення графітних кристалітів спостерігається вже на ранніх стадіях пластичної деформації. За своїм структурно-механічним станом вони відіграють роль концентраторів напружень. Тому ламінарний рух дислокаційних дефектів, що має місце для звичайного чавуну при температурах деформування <700 °С, викликає локальну дію напруженого поля металевої матриці. Кристаліти графіту витягуються, утворюючи шарувату структуру, що викликає швидке руйнування зразків. Структурно виявлено, також, руйнування графітних включень за схемою зсуву.

Аналізуючи структури високомідистого ферито-перлітного чавуну, встановили, що перлітні зони в більшості розміщені навколо високомідистої фази. Тому інтенсивна деформація високомідистих включень виключає розвиток значного пластичного течіння в перліті чавуну, який характеризується більшою твердістю. Більша частина напружень, що виникають в цих зонах, поглинається ε-фазою високомідистих включень без помітної деформації перліту в об'ємах, віддалених від цих включень.

Підвищення ступеня деформації викликає розповсюдження пластичного течіння у всьому об'ємі матеріалу. Деформація перліту при невисоких

температурах (до 650-700°C) може викликати його деформаційне зміцнення, що відмічається ростом напруження на кривих « σ - ϵ ». При цьому до інтенсивного пластичного течіння залучається більша частина перліту металевої матриці.

З отриманих залежностей « σ - ϵ » видно, що для високомідистого чавуну характер зміни напруження деформування при субкритичних температурах 700° та 750 С мало відрізняється. Підвищення температури деформації на 50 °С практично не викликає пониження параметра σ . Цей інтервал температур можна вважати субкритичним інтервалом, який супроводжується $\alpha \rightarrow \gamma$ перетворенням в Fe-C матриці чавуну. Надалі, коли фазове перетворення триває, підвищення температури мало впливає на зміну σ . Крім того, при температурі 700 °С сплави характеризуються найвищою пластичністю. Це викликано значним розвитком дифузійних процесів при фазовому переході, що охоплюють весь об'єм перлітної матриці, а отже пластичне течіння проходить більш гомогенно не викликаючи значного спотворення та руйнування трибофаз: Γ , ϵ , $\Gamma+\epsilon$. Таким чином, температуру нагріву 700 С слід вважати найбільш оптимальною для реалізації ефекту субкритичної надпластичності високомідистих чавунів.

Висновки. Для використаних в роботі чавунів досягнуто ефекту субкритичної надпластичності, коли при деформуванні сплавів спостерігається підвищення здатності до пластичної деформації Fe-C сплавів за рахунок одночасного проходження фазового претворення $\alpha \rightarrow \gamma$. Встановлено, що ініціатором пластичної деформації у всіх інтервалах температур є високомідисті включення на основі ϵ -фази. Значна кількість напружень поглинається ϵ -фазою, що дозволяє уникнути суттєвого спотворення структурновільної графітної фази. Це сприяє підвищенню пластичності розроблених ЛКМ та дозволяє використовувати процеси пластичного формування для отримання виробів триботехнічного призначення.

Список літератури: 1. Бобро Ю.Г. Особенности структуры и свойств высокомедистых чугунов с шаровидным графитом / Бобро Ю.Г., Дмитриук Н.В., Гусачук Д.А. // Литейное пр-во. – 1997.– №10.– С.10-12. 2. Бобро Ю.Г. Структура и морфология ϵ -фазы высокомедистых чугунов / Бобро Ю.Г., Парфентьева И.А., Гусачук Д.А. // Процессы литья.- № 4.-2001.- С.21-23. 3. Lisovsky A.V. Formation of unique structures and properties for cast iron during hot metal forming / A.V.Lisovsky , B.A.Romantsev // Metallurgist 2010. V. 54. № 3–4. P. 173–177. 4. Чаус А.С. Влияние горячей пластической деформации на изменения микроструктуры чугуна с шаровидным графитом / А.С. Чаус, Я. Сойка, А.И. Покровский // Физика металлов и металловедение. – том 114, № 1. – 2013. – С. 94-104. 5. Бобро Ю.Г. Деформационная способность высокомедистых ферритных чугунов с шаровидным графитом / Бобро Ю.Г., Гусачук Д.А., Дмитриук Н.В. // Кузнечно-штамповочное пр-во. – 1999. – № 7. – С.6-8. 6. Гусачук Д.А. Особливості пластичного деформування високомідистих чавунів / Д.А.Гусачук, Ю.П.Фещук, І.О.Парфентьева, Н.П.Зайчук // Наукові нотатки Луцького національного технічного університету: Міжвузівський збірник. Випуск 33. – Луцьк: Луцький НТУ. – 2011. – С.58-62.

Надійшла до редколегії 05.11.2013

УДК 621.735:669.131

Вплив температури на характер пластичної деформації високомідистих чавунів / Гусачук Д. А., Савчук П. П., Фещук Ю. П., Мельничук М. Д. // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення у сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 43 (1016). – С. 72-78. Бібліогр.: 6 назв.

В работе исследовали особенности пластической деформации высокомедистых чугунов при повышенных температурах. Установлено, что присутствие высокомедистой фазы позволяет повысить ресурс пластичности сплавов. Наличие утолщённой оболочки высокомедистой фазы вокруг первичных кристаллитов графита позволяет избежать явления графитной строчечности, которое характерно обычным чугунам. При температурах деформирования близких к 700 °С достигнут эффект субкритической сверхпластичности разработанных сплавов.

Ключевые слова: чугун, медь, высокомедистая фаза, литой композиционный материал, структура, температура, пластическое деформирование, деформация, пластичность, напряжение.

This paper investigated the characteristics of plastic deformation high-cooper cast iron at elevated temperatures. Found that the presence high-cooper phase can increase the plasticity alloys. The presence of a thickened shell of high-cooper phase around the primary crystals of graphite enables avoid the phenomenon of graphite foliation, which is characteristic of ordinary cast iron. Deformation at temperatures close to 700°C, the effect of subcritical superplastic alloys developed.

Keywords: cast iron, copper, high-cooper phase, cast composite material, structure, temperature, plastic deformation, deformation, plasticity, stress.

УДК 621. 923

С. А. ДИТИНЕНКО, канд. техн. наук, ХНЭУ, Харьков;

Ф. В. НОВИКОВ, докт. техн. наук, ХНЭУ, Харьков;

И. Е. ИВАНОВ, канд. техн. наук, ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Приведена математическая модель определения шероховатости поверхности при алмазном шлифовании и выявлены условия ее уменьшения, состоящие главным образом в увеличении величины линейного износа зерен до момента их объемного разрушения и последующего выпадения из связки круга. Показана возможность существенного уменьшения шероховатости поверхности за счет создания на алмазном круге плосковершинных зерен, что соответствует экспериментальным данным.

Ключевые слова: шлифование, твердый сплав, алмазный круг, электроэрозионная правка, режимы шлифования, износ зерна, математическая модель, шероховатость поверхности.

Введение. Создание и применение алмазных кругов на металлических связках и способов их электроэрозионной правки открыло широкие перспективы эффективной обработки изделий из твердых сплавов и других материалов. На ряде операций предварительного и окончательного шлифования твердосплавных инструментов полностью исключена обработка обычными абразивными кругами, что позволило повысить производительность и качество обработки. Вместе с тем, в большинстве случаев применение алмазных кругов на металлических связках сдерживается по причине низкой чистоты обработки. Так, установлено, что после электроэрозионной правки алмазного круга 1A1 300x20x5 AC6 100/80 M1-01 4 на операции круглого наружного шлифования твердосплавных инструментов параметр шероховатости R_a достигает значения 3,0 мкм, тогда как, согласно технологическому процессу обработки ряда твердосплавных инструментов, требуется обеспечить шероховатость обработки на уровне $R_a=0,1...0,2$ мкм. В связи с этим актуально решение задачи