

## ПАРАМЕТРИ ЗНОСОСТІЙКОСТІ НАПЛАВНИХ СТАЛЕЙ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ШТАМПІВ

Багров В.А.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Розглянуті питання застосування розрахункових критеріїв інтенсивності зношування для прогнозування зносостійкості наплавних сталей для відновлення інструменту гарячого оброблення металів і сплавів. Показана їх придатність для оцінювання зносостійкості в умовах високих температур і циклічних напружень.

**Ключові слова:** сталь, зносостійкість, наплавлення, критерії зносостійкості.

### Вступ

Службові характеристики наплавленого металу, призначеного для роботи в різних умовах експлуатації, визначаються, насамперед, системою легування, фазовим складом і структурою. Наплавлений метал має в цьому випадку гетерогенну структуру, що складається з матриці (бейніт, аустеніт тощо) та зміцнювальної фази: карбідів, боридів, інтерметалідів, які вводяться для збільшення зносостійкості. Такі найважливіші властивості сталей, як втомна міцність, жароміцність та ін., також значною мірою визначаються структурою металу деталі.

Дуже часто наплавлений шар використовується в роботі без термооброблення. За умови багат шарового наплавлення на структуру металу після охолодження до кімнатної температури можуть впливати також тепловкладення, що є результатом наплавлення наступних швів і шарів.

З висловленого вище очевидно, що вибір оптимальної структури, фазового складу в процесі наплавлення є досить важливим.

### Аналіз публікацій

Штампи гарячого оброблення металу працюють за дуже жорстких умов: високих діючих напружень, рівень яких наближається до меж текучості штампових сталей; високих температур нагріву; знакозмінних циклічних напружень; термічних напружень, які визначаються умовами нагріву та охолодження штамів; окисленням поверхні.

Стійкість штамів залежить від багатьох чинників, які можна розділити на три групи [2, 5].

До першої групи належать деякі показники й характеристики технологічного процесу штампування: форму та масу поковки; ступінь та умови деформації металу; його опір деформації; фізико-хімічні та теплофізичні

властивості; хімічний склад і температуру нагріву металу, що деформується; наявність і товщину окалини на заготівці; вид мастила; умови підігріву й охолодження штамів; необхідну точність розмірів поковки; часовий режим роботи штампа, кваліфікацію штампувача; пору року тощо.

До другої групи належать параметри штампувального устаткування: швидкість деформації, робочий цикл і пов'язані з ним час контакту поковки та штампа під тиском, час розміщення поковки в штампі після закінчення штампування, наявність виштовхувачів і особливості їх роботи.

До третьої групи належать властивості штампової сталі: твердість, міцність, теплостійкість, опір зносу, розпалостійкість та ін., а також мікрогеометрію і фізико-хімічні властивості поверхневого шару штампа, що впливають на умови тертя.

Ці властивості забезпечуються зниженням вмісту вуглецю в сталі для підвищення пластичності, в'язкості, а також теплопровідності, що зменшує розігрів поверхневого шару й термічні напруження в ньому. Крім того, наплавні сталі повинні мати високу зносостійкість для підвищення ресурсу штамів.

Відповідно до зазначених вимог для штамів гарячого оброблення тиском застосовують леговані сталі з 0,3–0,6 % С, які після гартування піддають відпуску за умови 550–680 °С на тростит або тростосорбіт. Великі кувальні (молотові) штампи, які підлягають підвищеним ударним і згибним навантаженням, а також інструмент кувальних машин та пресів, що нагрівається не вище ніж 500–550 °С у разі помірних навантажень, виготовляють з напівтеплостійких сталей (замість кошового нікелю містить 1,2–1,6 % Mn), і мають підвищену в'язкість. Стійкість до термовтомлюваного руйнування залежить від розмаху повної деформації в циклі, запа-

су пластичності металу, значень циклічних напружень, теплофізичних властивостей матеріалу, агресивності навколишнього середовища [9, 22, 23–25].

У використанні вториннотвердіючих сплавів системи Fe-C-Cr-Ni-Mo-Si стійкість матриць для вирубки заготовок фланців коліс, шестирень, дисків, наплавлених сталлю 08X6H8M7C, виявляється вище, ніж наплавлених сталями 20B9X4M4ФТ і 50X14B4ФТ [19].

#### Мета і постановка завдання

Для відновлення гравюр штампів необхідно провести аналіз розрахункових критеріїв інтенсивності зношування для прогнозування зносостійкості наплавних сталей та показати їх придатність для оцінювання зносостійкості в умовах високих температур і циклічних напружень для робочих ділянок штампів, які використовуються в процесі оброблення гарячого металу, та встановити оптимальні системи легування економнолегованих вториннотвердіючих сталей.

#### Критерії зносостійкості наплавних сталей

Оскільки вартість вториннотвердіючих легованих нікелем сплавів системи Fe-C-Cr-Ni-Mo-Si досить висока, то була визначена мета розроблення аналогів цих сталей без легування їх нікелем. Унаслідок досліджень розроблена сталь 20X3Г9М5Т2С, що зміцнюється ендегенними карбідами титану, які утворюються у зварювальній ванні, і дисперсійними частками інтерметаліду залізо – молибден.

Механізоване наплавлення виконувалося порошковими дротами під флюсами АН-22 і АН-20 з подачею в головну частину ванни знеструмленої присадки, що зменшує частку основного металу, питому витрату електроенергії й підвищує насичення легувальними елементами. Наплавлення під флюсом здійснювалось за умови  $I_H = 300...350$  А,  $U_d = 26...30$  В,  $q = 6...10$  кДж/см; у разі ручного наплавлення –  $I_H = 180...220$  А,  $U_d = 25...28$  В.

Наплавлення досліджуваних сталей (08X6H8M7C, 40X4Г8Т2С, 20X3Г9М5Т2С) проводилося в мідні форми із різною швидкістю примусового охолодження. Досліджувалися метастабільні аустенітні, мартенситно-аустенітні й вториннотвердіючі сталі системи Cr-Mn-Ti додатково леговані Мо.

Для випробування зносостійкості використовувалася машина тертя 2070 СМТ-1, схема випробування – диск-колодка. Режим тертя: швидкість обертання диска 0,5 м/с; наван-

таження на зразок 25, 50 Н; матеріал контртіла – сталь 45Х, твердість – 47...49 HRC.

Визначалося як масове, так і лінійне зношування. Для зносостійких сталей з бейнітною, бейнітно-мартенситною та метастабільною аустенітною структурою основним матеріалом – еталоном – прийнято наплавлений метал 30X2B8Ф.

Проведене наплавлення дротами ПП – 0X6H8M7C, ПП – 25X5ФМ, ПП – АН-132. Необхідно відзначити зменшення кількості зародків гарячих тріщин за умови наплавлення ПП – 0X6H8M7C (сталь 30X3H4M3Ф по першому шару) порівняно з використанням порошкового дроту ПП – АН-132 (сталь 35X4B3M3Ф по четвертому – шостому шарам, сталь 45X3B2M2НФ – по першому шару).

У металі зони проплавлення частка мартенситу становила в разі наплавлення дротами ПП – 0X6H8M7C і ПП – 25X5ФМ приблизно 60 %, для четвертого – п'ятого шарів – відповідно 80 і 70 %.

Взаємозв'язок розрахункової інтенсивності зношування й відносної зносостійкості мартенситно-аустенітних інструментальних сталей (50XНМ, 08X6H8M7C, 40X4Г8Т2С, 20X3Г9М5Т2С та ін.) установлювався за умови тисків, близьких до середніх тисків на контактній поверхні штампів у процесі гарячого оброблення сталей. Під час припрацювання в процесі навантаження в досліджуваних сталях спостерігалось окисне зношування. Із збільшенням часу тертя окисне зношування переходить у теплове, що супроводжується контактним схоплюванням і оплавленням поверхонь тертя. Найбільшу зносостійкість показала сталь 20X3Г9М5Т2С. Топографію поверхні зношування наведено на рис. 1. Характер зміни коефіцієнта тертя показано на рис. 2.

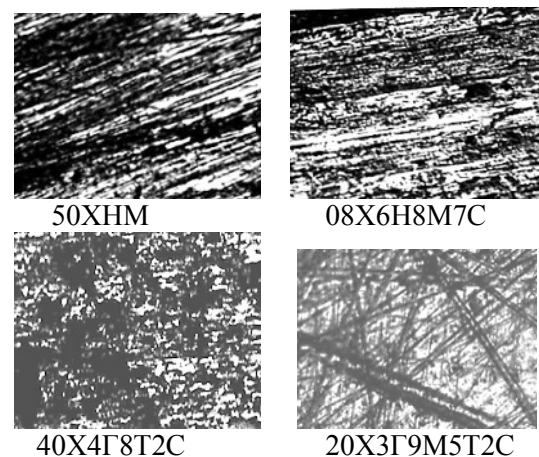


Рис. 1. Топографія поверхні зношування досліджуваних сталей, X140

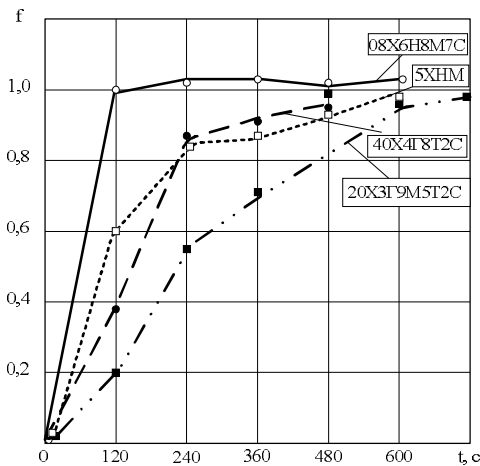


Рис. 2. Характер зміни коефіцієнта тертя

Оцінка розрахункових значень впливу нагріву гравюр штампів на в'язкість руйнування за критеріями Дж. Малкіна і А.С. Тельмана [12, 17] для наплавних сталей з метастабільним аустенітом показала таке. Оскільки для умов молекулярно-механічного зношування робочих ділянок штампів коефіцієнт зносостійкості  $K_u \approx K_{C2}$  [18], то збільшення  $K_{C2}$  за умови використання сталей з метастабільним аустенітом змінить співвідношення  $K_u \approx J \cdot (1 - \sigma'_1 \cdot \sigma'_B)^{-2}$ . У разі близьких значень контактного тиску в парі тертя утворення тріщини критичної довжини зростає із збільшенням ефективної поверхневої енергії.

Таким чином, показники тріщиностійкості, а отже, і опір зношуванню, вториннотвердіючих сталей і сталей з метастабільним аустенітом вищий, ніж мартенситних наплавних інструментальних сталей.

Співвідношення розмірів зони пластичної деформації біля вершини тріщини [20, 21, 26] відповідно для умов плосконапруженого стану

$$\frac{r_y}{r_v} = \frac{K_{1C}^2 (1 - \mu^2)}{2\pi\sigma_{0,2}^2} \div \frac{K_C^2}{2\pi\sigma_{0,2}^2} = \frac{K_{1C}^2}{K_C^2} \cdot \frac{(1 - \mu^2)}{\alpha}, \quad (1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт Пауссона;  $\alpha$  – коефіцієнт, що залежить від форми тіла й геометрії тріщини [20], тому  $\alpha \rightarrow 1$ .

Цінність розроблення та вдосконалення критеріїв зносостійкості, подібних [20], беззаперечна. Однак необхідно відзначити, лише непрямий зв'язок коефіцієнта тріщиностійкості з властивостями наплавного металу, крім того, складну трудомісткість експериментального визначення вхідних у критерій зносостійкості параметрів.

Навіть у разі стаціонарного теплового режиму помітні коливання температури в шарі

завтовшки  $Y_B = 2,6 \cdot \sqrt{\frac{a \cdot \lambda_a}{V}}$  [22], ( $a$  – коефі-

цієнт температуропровідності;  $\lambda_a$  – довжина хвилі нерівностей поверхні тертя та швидкості відносного переміщення металу в парі тертя). Інтенсивність тепловиділення на одиницю номінальної площі контакту  $q = I \cdot f \cdot P_a \cdot V + \Delta q_T$  (де  $f$  – коефіцієнт тертя;  $P_a$  – номінальний тиск;  $V$  – швидкість ковзання;  $\Delta q_T$  – тепловий внесок у поверхневий шар деталі теплопередачею, наприклад від нагрітої оброблюваної деталі;  $I$  – механічний еквівалент одиниці тепла) буває настільки велика, що швидкості нагріву досягають  $10^4 \dots 4 \cdot 10^5$  К/с. Швидкості охолодження металу шару завтовшки 100 мм [4] – близько  $10^3 \dots 10^4$ , температурні градієнти від декількох сотень до декількох тисяч К/мм.

Циклічні зміни температури металу поверхневого шару призводять до термовтомлюваного руйнування, можливі також помітні зміни структури та властивостей наплавного шару на глибині, що перевищує товщину безпосередньо контактної зони, яка зношується.

Оцінка стійкості деталей, що зношуються в умовах термовтомлюваного руйнування істотно ускладнюється через відмінності натурних деталей (вузлів) від зразків з того ж матеріалу за структурою, механічними властивостями та градієнтом їх зміни.

Інтенсивність зношування наплавного металу з бейнітно-мартенситною і мартенситною основою (60X5M1ФС, 30X4Ф1СТР, 30X2B4ГС та ін.), якщо  $T_{cm} = 773 \dots 1100$  К, пов'язана з номінальним тиском залежністю  $I_h \approx P_a^{1 \dots 2}$  ( $1,0 \dots 1,5$  МПа  $\leq P_a \leq 20$  МПа).

Якісні зміни металу контактних обсягів унаслідок термодформаційного впливу й активності навколишнього середовища суттєво впливають на значення згаданих вище характеристик тертя, фізико-механічні властивості матеріалу, співвідношення між інтенсивністю зношування та роботою тертя. Висока інтенсивність зношування наплавного металу 35B9X3Ф за умови формування структури типу «білої зони»  $H_u = 11700 \dots 14600$  МПа відзначається як для зразків з гладкою ( $R_{max} \leq 4,7$  мкм,  $\Delta \leq 1,3 \dots 1,6 \cdot 10^{-2}$ ), так і шорсткою ( $R_{max} \geq 37$  мкм,  $\Delta \leq 1,24 \cdot 10$ ) поверхнею тертя. Превалююча роль у формуванні зносостійких поверхневих шарів сплавів з різним початковим структурним і фазовим складом визначається втратами на зношування та співвідношенням роботи тертя та енергії, затраченої на зношування [1, 9].

За зносостійкістю наплавний метал різних систем легування (C-Cr-Mn-Si-Ti, C-Cr-Mo-W-V, C-Ti-Ni) не поступається наплавній сталі 35B9X3Ф. Як і для малих значень номінального тиску підвищенню зносостійкості наплавленого шару сприяє легування титаном за умови збереження в хромистому наплавленні вуглецю 0,35...0,40 %. Більш високу порівняно з матеріалом – еталоном 35B9X3Ф фрикційну теплостійкість мають економнолеговані наплавні сталі: 08X6H8M7C, 40X4G8T2C, 20X3G9M5T2C. Мінімальний розкид значень інтенсивності зношування властивий для діапазону середніх і підвищених температур. Зменшення зношування в разі підвищення температури 400...500 К обумовлено як зміною фізико-механічних характеристик металу контактних обсягів, так і зниженням номінального тиску.

### Висновки

1. Час перебування металу в зоні пластичної деформації приблизно на порядок менший ніж загальна тривалість роботи контактних ділянок пари тертя.
2. Коефіцієнт варіації показників зношування зменшується зі збільшенням частки метастабільного аустеніту у вихідній структурі наплавленого металу.
3. Фрикційна теплостійкість економнолегованих наплавних вториннотвердіючих сталей системи C-Cr-Mo-Ti вища за аналогічну характеристику наплавного металу типу 35B9X3Ф.

### Література

1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбаров В.С. Основы расчета на трение и износ. – Москва: Машиностроение, 1977. – 526 с.
2. Довнар С.А. Термодинамика упрочнения и разрушения штампов объемной штамповки. – Москва: Машиностроение, 1975. – 255 с.
3. Термопрочность деталей машин / И.А. Биргер и др.; под ред. И.А. Биргера, Б.Ф. Шорра. – Москва: Машиностроение, 1975. – 455 с.
4. Филатов В.М., Шнейдерович Р.М. Сопротивление малоциклового разрушению при повышенных температурах // Проблемы прочности. – 1971. – № 2. – С. 74–78.
5. Тылкин М.А., Яловой Н.И., Полухин П.И. Температуры и напряжения в деталях металлургического оборудования – Москва: Высшая школа, 1970. – 428 с.
6. Крагельский И.В., Михин Н.М. Узлы и трения машин: справочник. – Москва: Машиностроение, 1984. – 280 с.
7. Патон Б.Е. Перспективы развития сварки // Современные проблемы сварки и специальной электрометаллургии. – Киев: Наукова думка. – IS80. – С. 23–25.
8. Проников А.С. Расчет износа сопряжений, трение, изнашивание и смазка. – Москва: Машиностроение, 1978. – Т. 1. – С. 98–126.
9. Крагельский И.В. Трение и износ. – Москва: Машиностроение, 1968. – 480 с.
10. Харач Г.М. Элементы расчета деталей машин на изнашивание. – Москва: Наука, 1975. – 84 с.
11. Явление износа и восстановления изношенных поверхностей сваркой с одновременной закалкой // Ёсэцукай – Weld World. – 1967. – 19, № 8. – С. 519–526.
12. Любарский И.М. Повышение износостойкости тяжело нагруженных шестерен. – Москва: Машиностроение, 1965. – 132 с.
13. Влияние количества остаточного аустенита на износостойкость стали 9ХЕ8 при трении / И.Н. Богачев и др. // Металловедение и термическая обработка металлов. – 1976. – Вып. 1. – С. 34–39.
14. Кальянов В.Н. Стойкость прокатных валков, наплавленных сталями с различным количеством структурно-нестабильного аустенита // Автоматическая сварка. – 1977. – № 9. – С. 65–67.
15. Багрянский К.В., Кальянов В.Н. Исследование фазового состава некоторых многослойных наплавов // Сварочное производство. – 1962. – № 10. – С. 9–12.
16. Крагельский К.В. Расчет интенсивности изнашивания материалов. Трение, изнашивание и смазка. – Москва: Машиностроение, 1978. – Т. 1. – С. 96.
17. Механика разрушения и прочность материалов: справочное пособие: в 4 т. / под общ. ред. В.В. Панасюка. – Киев: Наукова думка, 1988. – Т. 1: Основы механики разрушения. – 488 с.
18. Колотиенко С.Д., Колотиев А.П. Анализ процесса контактного разрушения наплавочных материалов при схватывании // III республиканская научно-техническая конференция «Современные методы наплавки и наплавочные материалы». – Харьков, 1981. – С. 106–108.
19. Кальянов В.Н. Структура и характеристика износостойкого економнолегированного металла // Сварочное производство. – 1997. – № 4. – С. 13–17.
20. Металловедение и термическая обработка стали: справочник / под ред. М.Л. Бернштейна и А.Г. Рахштадта. – Киев: Металлургия, 1983. – Т. 1. – 352 с.
21. Брок Д. Основы механики разрушения. – Москва: Высшая школа, 1980. – 368 с.
22. Дубинин А.Д. Энергетика трения и износа деталей машин. – Москва; Киев: Машгиз, 1963. – 138 с.
23. Геллер Ю.А. Инструментальные стали. – Москва: Металлургия, 1975. – 584 с.

24. Кальянов В.Н., Багров В.А., Петренко А.Н. Прогнозирование и разработка ресурсосберегающих износостойких сталей // VIII Международный конгресс «Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов». – Харьков, 2007. – Т. 2. – С. 129–131.
25. Кальянов В.Н., Багров В.А. Влияние циклических термодформаций на фазовый состав и стойкость жаропрочных сталей // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 2/4 (26). – С. 52–59.
26. Андрейкив А.Е. Пространственные задачи теории трещин. – Киев: Наукова думка, 1982. – 384 с.
27. Каковкин О.С., Дарахвелидзе Ю.Д., Старченко Г.Г. Особенности легирования наплавленного металла карбидом титана при дуговой износостойкой наплавке // Сварочное производство. – 1999. – № 5. – С. 41–42.

### References

1. Kragel'skij I.V., Dobychin M.N., Kombalov V.S. Osnovy rascheta na trenie i iznos. – Moskva: Mashinostroenie, 1977. – 526 s.
2. Dovnar S.A. Termodinamika uprochneniya i razrusheniya shtampov ob'emnoj shtampovki. – Moskva: Mashinostroenie, 1975. – 255 s.
3. Termoprochnost' detalej mashin / I.A. Birger i dr.; pod red. I.A. Birgera, B.F. Shorra. – Moskva: Mashinostroenie, 1975. – 455 s.
4. Filatov V.M., Shneiderovich R.M. Soprotivlenie malociklovomu razrusheniyu pri povyshennyh temperaturah // Problemy prochnosti. – 1971. – № 2. – С. 74–78.
5. Tylkin M.A., Yalovoj N.I., Poluhin P.I. Temperatury i napryazheniya v detalyah metallurgicheskogo oborudovaniyayu – Moskva: Vysshaya shkola, 1970. – 428 s.
6. Uzly i trenya mashin: spravochnik / I.V. Kragel'skij, N.M. Mihin. – Moskva: Mashinostroenie, 1984. – 280 s.
7. Paton B.E. Perspektivy razvitiya svarki // Sovremennye problemy svarki i special'noj elektro-metallurgii. – Kyiv: Naukova dumka. – IS80. – С. 23–25.
8. Pronikov A.S. Raschet iznosa sopryazhenij, trenie, iznashivanie i smazka. – Moskva: Mashinostroenie, 1978. – Т. 1. – С. 98–126.
9. Kragel'skij I.V. Trenie i iznos. – Moskva: Mashinostroenie, 1968. – 480 s.
10. Harach G.M. Elementy rascheta detalej mashin na iznashivanie. – Moskva: Nauka, 1975. – 84 s.
11. YAvlenie iznosa i vosstanovleniya iznoshennyh poverhnostej svarkoj s odnovremennoj zakalkoj // YOsecukaj – Weld World. – 1967. – 19, № 8. – С. 519–526.
12. Lyubarskij I.M. Povyshenie iznosoustojchivosti tyazhelonagruzhennyh shesteren. – Moskva: Mashinostroenie, 1965. – 132 s.
13. Vliyanie kolichestva ostatochnogo austenita na iznosostojkost' stali 9HE8 pri trenii / I.N. Bogachev i dr. // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. – 1976. – Vip. 1. – С. 34–39.
14. Kal'yanov V.N. Stojkost' prokatnyh valkov, naplavlennyh stalyami s razlichnym kolichestvom strukturno-nestabil'nogo austenita // Avtomaticheskaya svarka. – 1977. – № 9. – С. 65–67.
15. Bagryanskij K.V., Kal'yanov V.N. Issledovanie fazovogo sostava nekotoryh mnogoslujnyh naplavoek // Svarochnoe proizvodstvo. – 1962. – № 10. – С. 9–12.
16. Kragel'skij K.V. Raschet intensivnosti iznashivaniya materialov. Trenie, iznashivanie i smazka. – Moskva: Mashinostroenie, 1978. – Т. 1. – С. 96.
17. Mekhanika razrusheniya i prochnost' materialov: sprav. posobie: v 4 t. / pod obshej redakciej V.V. Panasyuka. – Kyiv: Naukova dumka, 1988. – Т. 1: Osnovy mekhaniki razrusheniya. – 488 s.
18. Kolotienko S.D., Kolotiev A.P. Analiz processa kontaktnogo razrusheniya naplavochnyh materialov pri skhvatyvaniy // III respublikanskaya nauchno-tehnicheskaya konferenciya «Sovremennye metody naplavki i naplavochnye materialy». – Harkiv, 1981. – С. 106–108.
19. Kal'yanov V.N. Struktura i harakteristika iznosostojkogo ekonomnolegirovannogo metalla // Svarochnoe proizvodstvo. – 1997. – № 4. – С. 13–17.
20. Metallovedenie i termicheskaya obrabotka stali: spravochnik / pod red. M.L. Bernshtejna i A.G. Rabshtadta. – Metallurgiya, 1983. – Т. 1. – 352 s.
21. Broek D. Osnovy mekhaniki razrusheniya. – Moskva: Vysshaya shkola, 1980. – 368 s.
22. Dubinin A.D. Energetika treniya i iznosa detalej mashin. – Moskva; Kyiv: Mashgiz, 1963. – 138 s.
23. Geller Yu.A. Instrumental'nye stali. – Moskva: Metallurgiya, 1975. – 584 s.
24. Kal'yanov V.N., Bagrov V.A., Petrenko A.N. Prognozirovaniye i razrabotka resursosberegayushchih iznosostojkih staley // VIII Mezhdunarodnyj Kongress «Oborudovanie i tekhnologii termicheskoy obrabotki metallov i splavov». – Harkiv, 2007. – Т. 2. – С. 129–131.
25. Kal'yanov V.N., Bagrov V.A. Vliyanie ciklicheskih termodeformacij na fazovyj sostav i stojkost' zharoprochnykh staley // Vostochno-Evropskij zhurnal peredovykh tekhnologij. – 2007. – № 2/4 (26). – С. 52–59.
26. Andreykiv A.E. Prostranstvennyye zadachi teorii treschin. – Kyiv: Naukova dumka, 1982. – 384 s.
27. Kakovkin O.S., Darahvelidze Yu.D., Starchenko G.G. Osobennosti legirovaniya naplavlennogo metalla karbidom titana pri dugovoy iznosostoykoy naplavke. // Svarochnoe proizvodstvo. – 1999. – № 5. – С. 41–42.

**Багров Валерій Анатолійович**, к.т.н, доцент кафедри технології металів та матеріалознавства, тел. +38 063 420 84 07, [havetabanca@ukr.net](mailto:havetabanca@ukr.net). Харківський національний автомобільно-дорожній університет, 61002, Україна, м. Харків, вул. Ярослава Мудрого, 25.

### Параметры износостойкости наплавочных сталей для восстановления штампов

**Анотация:** Рассмотрены вопросы применения расчетных критериев интенсивности изнашивания для прогнозирования износостойкости наплавочных сталей для восстановления инструмента горячей обработки металлов и сплавов. Показана их применимость для оценки износостойкости в условиях высоких температур и циклических напряжений.

**Ключевые слова:** сталь, износостойкость, наплавка, критерии износостойкости.

**Багров Валерий Анатольевич**, к.т.н., доцент кафедры технологии металлов и материаловедения, тел. +38 063 420 84 07, [havetabanca@ukr.net](mailto:havetabanca@ukr.net). Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, 61002, Украина, г. Харьков, ул. Ярослава Мудрого, 25.

### Parameters of wear resistance of surfacing steels for restoration of stamps

**Summary: Problem.** Stamps of hot deformation work in very harsh conditions, characterized by: high operating stresses, the levels of which approach the yield strength of die steels; high heating temperatures; cyclic action of stresses from alternating forces at deformation; thermal stresses, which are determined by the conditions of heating and cooling of the dies; chemical interaction, especially manifested in the process of pressing and stamping. The purpose of this work is to analyze the calculated criteria of the intensity of wear to predict the wear resistance of alloy steels and to show their suitability for the assessment of wear resistance under high temperatures and cyclic stresses for working sections of die tools and rolling rolls used in machining hot metal.

*Estimation of the calculated values of the effect of temperature on the fracture toughness according to the criteria of J. Malkin and A.S. Tetelman showed the following for alloy steels with metastable austenite. Since for the conditions of molecular-mechanical wear of the working sections of the dies, the coefficient of wear resistance is  $K \approx K_{C2}$ , the increase in the  $K_C$  when using steels with metastable austenite will change the ratio. At close values of the contact pressure in the friction pair, the formation of the critical length crack increases with the increase of the effective surface energy. Thus, the fracture toughness rates ( $K_C$ ,  $J$ ,  $\delta_C$ ), and hence the wear resistance, of secondary hardening steels and steels with metastable austenite are higher than those of martensitic alloy steels and instrumental ones.*

*The following have been shown*

– the residence time of the metal in the area of plastic deformation is about an order of magnitude less than the total duration of the contacting areas of the friction pair;

– the coefficient of variation of wear indicators decreases with increasing proportion of meta-stable austenite in the original structure of the weld metal;

– friction heat resistance of economically alloyed alloy steels of the C-Cr-Mo-Ti system is above the similar characteristics of the welded metal type 35V9X3F.

**Key words:** steel, wear resistance, welding, criteria durability.

**Bagrov Valery Anatolevich**, Cand. Tech. Sci., the senior lecturer, chair of technology of metals and materials technology, phone+38 063 420 84 07, [havetabanca@ukr.net](mailto:havetabanca@ukr.net). Kharkiv National Automobile and Highway University.