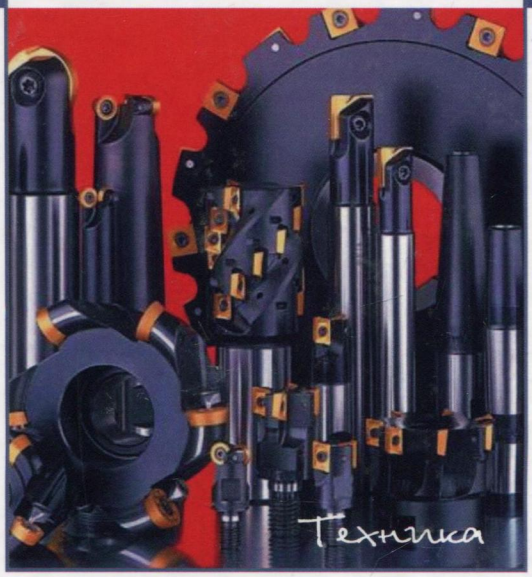
НАУЧНАЯ МЫСЛЬ



А.М. Адаскин

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

НАУЧНАЯ МЫСЛЬ
СЕРИЯ ОСНОВАНА В 2008 ГОДУ

А.М. АДАСКИН

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ

МОНОГРАФИЯ

Электронно-Библиотечная
znanium.com
Москва
ИНФРА-М
2022

УДК 621.9.025(075.4)
ББК 34.63-5
А28

Рецензенты:
Бутрим В.Н. — доктор технических наук, главный металлург АО «Композит»;
Корнилова А.В. — доктор технических наук, профессор, директор Департамента машиностроения и приборостроения Инженерной академии Российского университета дружбы народов;
Жуков О.П. — кандидат технических наук, старший научный сотрудник Центрального научно-исследовательского института черной металлургии имени И.П. Бардина

Адаскин А.М.

А28 Повышение эффективности инструментов из быстрорежущих сталей и твердых сплавов : монография / А.М. Адаскин. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 392 с. — (Научная мысль). — DOI 10.12737/1248244.

ISBN 978-5-16-016868-5 (print)
ISBN 978-5-16-109437-2 (online)

Монография посвящена повышению эффективности формообразующего инструмента, изготавливаемого из наиболее применяемых инструментальных материалов: быстрорежущих сталей и твердых сплавов.

Для инструментов из быстрорежущих сталей выполнена сравнительная оценка стандартов промышленно развитых стран и Российской Федерации. Приводится характеристика эксплуатационных и технологических свойств. Рекомендованы быстрорежущие стали и технологии, позволяющие повысить эффективность инструмента. Даны рекомендации по видам инструментов.

Проанализированы свойства твердых сплавов и области их рационального применения. Рассмотрены конструкционные материалы сборного и паяного инструмента. Даны рекомендации по выбору твердых сплавов, показаны направления создания новых композиций твердых сплавов для повышения эффективности инструмента при обработке труднообрабатываемых жаропрочных сталей и сплавов.

Предназначена для инженерно-технических и научных работников металлургической и обрабатывающей отраслей промышленности. Может быть использована при подготовке магистров, аспирантов технологических университетов.

УДК 621.9.025(075.4)
ББК 34.63-5

ISBN 978-5-16-016868-5 (print)
ISBN 978-5-16-109437-2 (online)

© Адаскин А.М., 2021

Глава 6. ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВОЛЬФРАМОМОЛИБДЕНОВЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ 78

6.1. Легирование и термическая обработка быстрорежущих сталей для повышения стабильности плавочных свойств 78
6.1.1. Принцип «специализации карбидов» 78
6.1.2. Оптимальное содержание углерода в высокоуглеродистых быстрорежущих сталях 80
6.2. Влияние углерода на структуру и свойства сталей 81
6.2.1. Влияние углерода на фазовый состав, структуру и свойства отожженной стали 81
6.2.2. Влияние углерода на превращение при закалке и отпуске 85

Глава 7. СТАЛИ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ УГЛЕРОДИСТЫХ И ЛЕГИРОВАННЫХ КОНСТРУКЦИОННЫХ СТАЛЕЙ 92

7.1. Обоснование химического состава сталей 92
7.2. Структура и технологические свойства сталей типа 8W-3Mo в состоянии поставки (отжиг) 94
7.3. Структура и свойства сталей типа 8W-3Mo в закаленном и отпущенном состоянии 97
7.4. Режущие свойства инструментов из стали 10Р8М3 (ЭП716 ТУ14-1-404-72) 103
7.4.1. Стойкость инструментов при обработке конструкционных углеродистых и легированных сталей 103
7.4.2. Эффективность применения высокоуглеродистой быстрорежущей стали 109

Глава 8. НИЗКОЛЕГИРОВАННЫЕ БЫСТРОРЕЖУЩИЕ СТАЛИ 112

8.1. Заэвтектоидная быстрорежущая сталь 112
8.1.1. Обоснование состава стали 112
8.1.2. Структура и свойства стали в отожженном состоянии 115
8.1.3. Превращения при закалке 116
8.1.4. Превращение при отпуске и свойства стали 121
8.1.5. Особенности разрушения заэвтектоидной и ледебуритной сталей 123
8.2. Ледебуритная быстрорежущая сталь 131
8.2.1. Обоснование состава стали 131
8.2.2. Структура и свойства стали 135

Глава 9. ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЖУЩЕГО И ШТАМПОВОГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ НИЗКОЛЕГИРОВАННЫХ МОЛИБДЕНОВЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ 137

9.1. Сталь 11М5Ф как оптимальная для малоразмерного режущего инструмента 137
9.1.1. Прочность быстрорежущих сталей в малых сечениях 137
9.1.2. Причины отказов малоразмерных режущих инструментов 138
9.1.3. Стойкость малоразмерного инструмента из стали 11М5Ф 144
9.2. Тяжелонагруженный холодно-штамповый инструмент 145
9.2.1. Условия эксплуатации. Требования к свойствам и структуре стали 145
9.2.2. Штамповые стали для холодного деформирования 150
9.2.3. Быстрорежущие стали Р6М5 и 11М5Ф как штамповые 151

9.3. Сталь 11М5Ф для крупногабаритного режущего и штампового инструмента 157
9.3.1. Режущий инструмент 158
9.3.2. Холодно-штамповый инструмент 161
9.4. Низколегированная быстрорежущая молибденовая сталь 11М7ВФ высокой теплостойкости (производительности) 163

Глава 10. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОСЕВОГО ИНСТРУМЕНТА ЗАКАЛКОЙ С ИНДУКЦИОННЫМ НАГРЕВОМ 166

10.1. Нагрев и охлаждение заготовок 167
10.2. Технология термической обработки 169
10.2.1. Закалка с индукционным нагревом. Особенности 169
10.2.2. Свойства стали после закалки с нагревом ТВЧ и отпуска 174
10.3. Стойкость сверл, закаленных ТВЧ 176

Глава 11. ШЛИФУЕМОСТЬ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ. СТАЛИ ДЛЯ СЛОЖНОПРОФИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА 178

11.1. Дефектный слой при финишной обработке 179
11.2. Влияние химического состава сталей на шлифуемость 183
11.3. Шлифуемость низколегированных сталей 191
11.4. Стабильность шлифуемости сталей (колебания в пределах марочного состава) 191
11.5. Влияние термической обработки на шлифуемость 194
11.6. Стали высокой шлифуемости для сложнопрофильного инструмента 195
11.6.1. Стали с низким содержанием ванадия 195
11.6.2. Стали порошкового производства 197
11.7. Достижение высокой эффективности при эксплуатации сложнопрофильного инструмента 198

Глава 12. УМЕНЬШЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ИНСТРУМЕНТОВ 200

12.1. Напряжения при пластической деформации и обработке резанием заготовок инструментов 201
12.2. Деформации при термической обработке 203
12.2.1. Закалочные напряжения 203
12.2.2. Влияние температуры и фазовых превращений на свойства быстрорежущих сталей 205
12.3. Снижение термических и фазовых напряжений 208
12.4. Влияние конструкции инструментов на склонность к деформациям 210
12.5. Коробление инструмента (экспериментальное и теоретическое распределение биений) 211
12.6. Коробление инструмента после операций «закалка» и «закалка + трехкратный отпуск» 212
12.7. Влияние остаточных напряжений на деформации 214
12.7.1. Деформации при стабилизирующей обработке 214
12.7.2. Коробление инструментов после стабилизирующей обработки при закалке и отпуске 216
12.7.3. Стабилизирующая обработка для снижения коробления при упрочняющей термической обработке инструментов 218

12.8. Технология закалки ... 219
12.8.1. Нагрев ... 220
12.8.2. Охлаждение при закалке ... 223
12.9. Устранение (снижение) закалочных деформаций. Рихтовка ... 226
12.9.1. Использование эффекта кинетической пластичности ... 226
12.9.2. Использование эффекта релаксации упругих напряжений ... 227

Часть II
ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ

Раздел 1
СТАНДАРТНЫЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ. СОСТАВ, СТРОЕНИЕ, СВОЙСТВА, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Глава 13. ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ ... 234

13.1. История создания твердых сплавов ... 234
13.2. Современные твердые сплавы. Состав, структура ... 237
13.2.1. Твердый сплав как универсальный инструментальный материал ... 237
13.2.2. Состав и структура твердых сплавов ... 240

Глава 14. ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ... 249

14.1. Сплавы системы «WC–Co» (ВК) ... 249
14.2. Сплавы системы «WC–TiC–Co» (ТК) ... 252
14.3. Сравнительные свойства сплавов ВК и ТК ... 254
14.4. Сплавы системы «WC–TiC–TaC–Co» (ТТК) ... 257
14.5. Безвольфрамовые твердые сплавы ... 259
14.6. Области рационального (эффективного) применения твердых сплавов ... 262
14.6.1. Классификация твердых сплавов по группам обрабатываемых материалов и режимам резания ... 262
14.6.2. Твердые сплавы с покрытиями. Области применения ... 266

Глава 15. ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАВЛЕНИЕМ (БЕССТРУЖКОВОЙ) ... 269

15.1. Эффективность твердосплавного инструмента ... 269
15.2. Влияние состава и структуры твердых сплавов на свойства ... 270
15.3. Твердые сплавы для инструментов, стойкость которых лимитирует износ. Сплавы высокой износостойкости ... 273
15.4. Твердые сплавы для инструмента, стойкость которого лимитирует хрупкое разрушение. Сплавы высокой прочности ... 274

Глава 16. КОНСТРУКЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ИНСТРУМЕНТОВ, ОСНАЩЕННЫХ ТВЕРДЫМ СПЛАВОМ ... 278

16.1. Конструкционные материалы инструмента с механическим креплением СМП ... 278
16.2. Материалы инструмента с напаянными пластинами ... 279
16.2.1. Припои и флюсы ... 279
16.2.2. Стали для корпусов ... 281
16.2.3. Технологичность твердых сплавов при пайке ... 283
16.3. Конструкционные материалы сварного твердосплавного инструмента ... 284
16.4. Клеи для склеивания твердого сплава и стали ... 285

Раздел 2
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТВЕРДЫЕ СПЛАВЫ ВЫСОКОЙ ТЕПЛОСТОЙКОСТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЖАРОПРОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

Глава 17. ЖАРОПРОЧНЫЕ СПЛАВЫ. ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ РЕЗАНИЕМ 287

17.1. Жаропрочные сплавы. Свойства. Обрабатываемость резанием 287
17.2. Особенности обработки резанием жаропрочных сплавов 293

Глава 18. СВОЙСТВА КАРБИДОВ И СВЯЗОК ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ 296

18.1. Свойства карбидов твердых сплавов 296
18.1.1. Карбиды 296
18.1.2. Влияние свойств и строения карбидов на структуру и свойства твердых сплавов 298
18.2. Связка твердых сплавов 303
18.2.1. Требования к свойствам металла-связки 303
18.2.2. Свойства связок 305
18.2.3. Повышение жаропрочности связки 312

Глава 19. ВЛИЯНИЕ РЕНИЯ НА СВОЙСТВА СВЯЗКИ «Co–Re» И ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ «WC–Co–Re» 320

19.1. Влияние рения на свойства кобальт-рениевой связки твердых сплавов 320
19.2. Влияние рения на свойства твердых сплавов 322

Глава 20. СТОЙКОСТЬ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ЖАРОПРОЧНЫХ СПЛАВОВ 326

20.1. Обработка жаропрочного сплава на никелевой основе 326
20.2. Обработка сплава на основе хрома 328
20.2.1. Обработка сплава Х86НВФТ инструментом без износостойких покрытий 329
20.2.2. Обработка сплава Х86НВФТ СМП с износостойкими покрытиями. Требования к свойствам твердосплавного субстрата 331

Глава 21. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТВЕРДОСПЛАВНОГО ИНСТРУМЕНТА 335

21.1. Оптимизация состава сплавов «WC–Co–Re» 335
21.2. Перспективные направления создания твердых сплавов 337
21.2.1. Связка твердых сплавов 337
21.2.2. Карбидная фаза твердых сплавов. Адгезия субстрата (твердого сплава) с покрытием 342

Приложения 344

Приложение 1. Свойства и примеры применения быстрорежущих сталей (ГОСТ 19265–73) 344
Приложение 2. Определение концентрации углерода в мартенсите 346
Приложение 3. Твердые сплавы 352
Приложение 3.1. Область применения твердых сплавов для обработки материалов резанием. ГОСТ 3882–74 352
Приложение 3.2. Соответствие марок твердых сплавов международной классификации. ГОСТ 3882–74 355

Приложение 3.3. Область применения безвольфрамовых твердых сплавов. ГОСТ 26530–85 ... 359
Приложение 3.4. Твердые сплавы для обработки жаропрочных и титановых сплавов, цветных металлов ... 360
Приложение 3.5. Твердые сплавы КЗТС ... 362
Приложение 3.5.1. Кодировка марки твердого сплава КЗТС ... 362
Приложение 3.5.2. Сплавы с покрытием CVD ... 363
Приложение 3.5.3. Сплавы с покрытием PVD ... 364
Приложение 3.5.4. Сплавы без покрытий ... 365
Приложение 3.6. Твердые сплавы для обработки материалов давлением. ГОСТ 3882–74 ... 366
Приложение 4. Взаимосвязь микро- и макротвердости. Методика конверсии ... 367
Приложение 5. Публикации автора по теме монографии ... 370

Список использованной литературы ... 374