

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кузбасский государственный технический  
университет имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра металлорежущих станков и инструментов

## **КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОРОШКОВЫХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ**

Методические указания к практическому занятию по дисциплине  
**«Контроль качества инструментальных материалов»**  
для студентов направления магистерской подготовки 15.04.05.02  
**«Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»** очной формы обучения

Составитель Л. П. Короткова  
Утверждены на заседании кафедры  
Протокол № 4 от 27.01.2022  
Рекомендованы к печати  
учебно-методической комиссией  
направления 15.04.05.02  
Протокол № 3 от 28.01.2022

Электронная копия находится  
в библиотеке ГУ КузГТУ

Кемерово 2022

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Освоить методику контроля качества порошковых инструментальных сталей, составленную в соответствии с техническими требованиями на основе государственных стандартов.

Эта методика может быть использована как при выполнении лабораторных работ по контролю качества порошковых инструментальных сталей, так и при выполнении магистерской диссертации.

## 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Порошковые быстрорежущие стали – это высоколегированные стали, близкие по составу к традиционным быстрорежущим сталям, отличающиеся повышенным количеством углерода, кобальта, вольфрама, ванадия (прил. 1. и прил. 2).

По традиционной технологии многие марки порошковых сталей изготовить практически невозможно, они не технологичны – не куются и не шлифуются. Технология изготовления порошковых быстрорежущих сталей, несмотря на разнообразие методов, сводится к двум этапам: получение исходных порошков и последующее их компактирование в заготовку.

Металлические порошки производят распылением жидкой стали заданного химического состава в инертной газовой среде азота или аргона. Струя жидкого металла разбивается на капли газом, который подается через форсунки под давлением  $2\div 3$  МПа. В результате получается порошок с размерами гранул  $50\div 800$  мкм. Отличительной особенностью такой технологии является высокая скорость охлаждения, а значит высокая скорость кристаллизации порошка ( $10^3\div 10^6$  град/с).

Плотные заготовки изготавливают, как правило, двумя методами: горячим изостатическим прессованием капсул под давлением  $100\div 200$  МПа в интервале температур  $1100\div 1200$  °С с последующей ковкой или методом горячей экструзии вакуумированных капсул с порошком с последующей ковкой. После компактирования стали обязательно отжигают по-обычному для быстрорежущих сталей режиму изотермического отжига

( $T_{\text{отж}}=840\div 860\text{ }^{\circ}\text{C}$ , с изотермической выдержкой  $2\div 3$  часа при  $T=720\div 750\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Порошковые быстрорежущие стали имеют ряд особенностей в структуре и свойствах по сравнению со сталями, полученными по традиционной технологии.

Технология производства порошка отражается на структурном и особенно фазовом составе, на последующих технологических операциях компактирования, термической обработке сталей. Особенности структуры в порошках формируются за счет неравновесной кристаллизации в условиях сверхвысоких скоростей охлаждения капель металла –  $10^3\div 10^6$  град/с. В структуре порошков образуется мартенсит, повышенное количество остаточного аустенита (до  $30\div 60\%$ ) и карбиды, состав и строение которых отличаются от традиционных. Твердые растворы имеют высокую пересыщенность легирующими элементами, а объем метастабильной карбидной фазы в структуре снижен. Структура порошков характеризуется высокой дисперсностью структурных составляющих и равномерным, практически идеальным, распределением карбидов. После компактирования в порошковых сталях наследуется дисперсность структурных составляющих и частично неравновесность структуры – пересыщенность твердых растворов, наличие неравновесных по составу карбидов.

Упрочняющая термическая обработка порошковых сталей аналогична традиционным сталям. Особенности структуры порошковых быстрорежущих сталей приводят к изменению режимов термической обработки. Температура закалки на  $40\div 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже по сравнению с обычными быстрорежущими сталями аналогичного химического состава и составляет  $1160\div 1180\text{ }^{\circ}\text{C}$ , уменьшается длительность выдержки на  $15\div 30\%$  при нагреве под закалку. При последующем отпуске происходят процессы дисперсионного твердения и превращения остаточного аустенита в мартенсит. В результате этих превращений повышается твердость сталей на  $3\div 5\text{ HRC}$ . Для порошковых сталей в отличие от традиционных достаточно двухкратного отпуска при температурах  $550\div 560\text{ }^{\circ}\text{C}$  по 1 часу каждый.

Современная технология производства инструментальных сталей позволила значительно улучшить микроструктуру (рис. 1).

В порошковых инструментальных сталях карбидного класса полностью решена проблема карбидной неоднородности при отсутствии макро- и микроликвации, шлаковых включений. Их структура характеризуется мелким зерном с размером не ниже балла 13 (ГОСТ 5639) и практически идеальным распределением карбидов по баллу 1 (ГОСТ 19265).

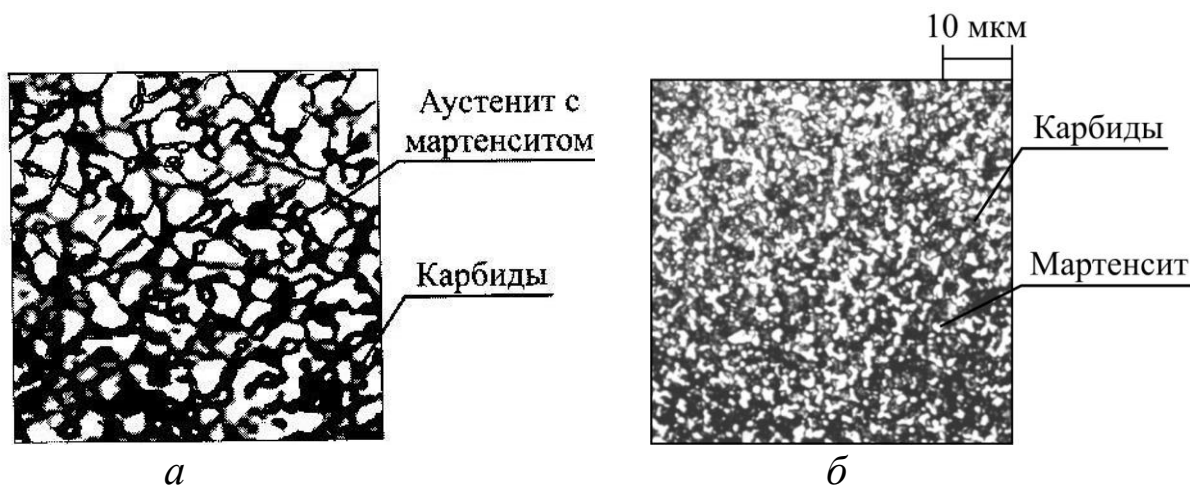


Рис. 1. Структура порошковых быстрорежущих сталей:  
а – после закалки; б – после закалки и отпуска

Дисперсность структурных составляющих, высокая степень легированности твердого раствора, увеличение доли карбидной фазы (особенно карбидов ванадия MC) – в структуре положительно отражаются на вторичной твердости (до  $65 \div 70 \text{ HRC}_2$ ) и теплостойкости (красностойкости) порошковых быстрорежущих сталей (до  $650^\circ\text{C}$ ). Повышенный объем карбидной фазы не вызывает заметного снижения прочности и вязкости, в том числе в крупных сечениях. При этом улучшаются технологические свойства – горячая пластичность в  $2 \div 3$  раза и особенно шлифуемость – в  $5 \div 10$  раз.

Использование новых порошковых технологий позволяет скорректировать химический состав порошковых инструментальных сталей – это стали с высоким содержанием углерода (до 2 %) и карбидообразующих элементов, особенно ванадия (прил. 1 и прил. 2).

Из порошковых быстрорежущих сталей изготавливают широкую номенклатуру быстрорежущих инструментов: фасонные резцы, сверла, развертки, метчики, протяжки, долбяки, шеверы,

зенкеры. Применение порошковых быстрорежущих сталей особенно эффективно при резании материалов повышенной твердости (40 HRC<sub>3</sub>), при обработке труднообрабатываемых высокопрочных, нержавеющей и жаропрочных сталей и сплавов. Стойкость инструмента из порошковых быстрорежущих сталей по сравнению с обычными сталями умеренной теплостойкости возрастает в 1,5÷3 раза.

### **3. МЕТОДИКА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОРОШКОВЫХ БЫСТРОРЕЖУЩИХ СТАЛЕЙ**

Базируется на ГОСТ 28393 и распространяется на горячекатаные и кованые полосы, горячекатаные, кованые и калиброванные прутки, прутки со специальной отделкой поверхности, изготовленные методом горячего газостатического прессования распыленного порошка с последующей деформацией заготовок.

Контроль качества при приемке порошковых быстрорежущих сталей выполняется по параметрам, представленным в табл. 1, схема вырезки образцов – в табл. 2, режим термической обработки образцов для контроля микроструктуры – в табл. 3, условия контроля – в табл. 4.

Отбор и подготовка проб для определения **химического состава стали** – по ГОСТ 7565, ГОСТ 23148; химический анализ – по ГОСТ 12344, ГОСТ 12355, ГОСТ 17745, ГОСТ 28473 или другими методами, обеспечивающими необходимую точность.

**Геометрические размеры и форму** определяют при помощи измерительных инструментов по ГОСТ 26877, ГОСТ 166, ГОСТ 427, ГОСТ 2216, ГОСТ 3749, ГОСТ 5378, ГОСТ 6507, ГОСТ 7502. Для проведения контроля отрезают по одной пробе (темплету) для изготовления образцов. Один образец допускается использовать для различных видов испытаний. Схемы вырезки, форма и размеры образцов для контроля твердости после закалки и отпуска, микроструктуры и величины зерна аустенита представлены в табл. 2.

**Твердость металлопродукции после отжига** измеряют по ГОСТ 9012 после зачистки обезуглероженного слоя. Испытания проводят на одном конце прутка или полосы на расстоянии примерно 100 мм от конца. Количество отпечатков должно быть не

менее трех. Каждое значение твердости должно соответствовать приведенному в прил. 1.

Таблица 1

Структура методов испытаний при контроле порошковых  
быстрорежущих сталей при приемке

№ п/п	Параметры контроля	Традиционные быстрорежущие стали (ГОСТ 19265)	Порошковые быстрорежущие стали (ГОСТ 28393)
1	Определение химсостава	+	+
2	Контроль размеров и состояния поверхности (ГОСТ 1051, ГОСТ 14955)	+	+
3	Макроструктура (ГОСТ 10243)	+	+
3.1	Излом (ГОСТ 9454)	+	+
3.2	Серная ликвация	+	+
4	Глубина обезуглероженно- го слоя (ГОСТ 1763)	+	+
6	Микроструктура	+	+
6.1	Микропоры (ГОСТ 801)	—	+
6.2	Кислородная ликвация (ГОСТ 1435)	—	+
6.3	Структурная полосчатость (ГОСТ 5640)	—	+
6.4	Инородные порошковые частицы	—	+
6.5	Величина зерна аустенита (ГОСТ 5639)	+	+
6.6	Карбидная неоднородность (ГОСТ 19265)	+	+
7	Твердость в состоянии по- ставки (ГОСТ 9012)	+	+
8	Твердость после закалки или закалки и отпуска (ГОСТ 9012)	+	+
9	Основные механические свойства (ГОСТ 1497)	—	+
10	Теплостойкость (красностойкость)	+	+

Таблица 2

## Схема вырезки, форма и размеры образцов

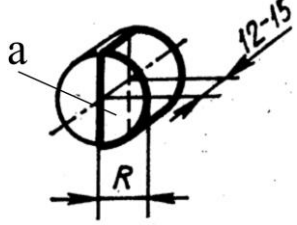
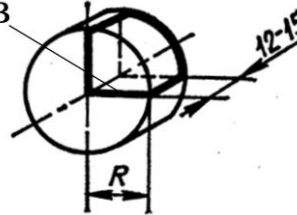
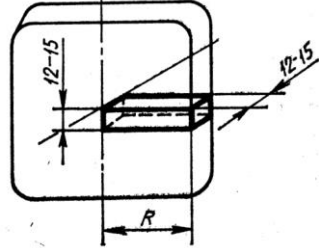
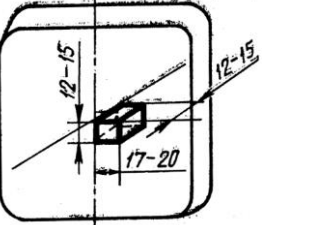
Контролируемый параметр	Диаметр или толщина прутка, мм	Схема вырезки, форма и размеры образца
Твердость после закалки и отпуска Микропоры Кислородная ликвация	До 30	
Карбидная неоднородность Структурная полосчатость Инородные порошковые частицы Зерно аустенита	Св. 30 до 60	
Микропоры Кислородная ликвация Карбидная неоднородность Структурная полосчатость Инородные порошковые частицы	Св. 60	
Твердость после закалки и отпуска Зерно аустенита	Св. 60	

Таблица 3

## Режимы термообработки порошковых инструментальных сталей

Марка стали	Температура, °C	
	закалки	отпуска
P6M5Φ3-МП	1190÷1210	540÷560
P7M2Φ6-МП	1200÷1220	550÷570
P12MΦ5-МП	1200÷1230	560÷580
P6M5K5-МП	1190÷1210	540÷560
P9M4K8-МП	1200÷1220	550÷570
P12M3K5Φ2-МП	1210÷1230	560÷580

Таблица 4

## Условия контроля качества структуры порошковых быстрорежущих сталей

№ п/п	Контролируемый показатель	Подготовка образца <sup>1, 2, 3</sup>	Увеличение микроскопа	Метод оценки показателя
1	Глубина обезуглероженного слоя	Плоскость <i>a</i> , травление	100 <sup>×</sup> и более	Измерение окулярной линейкой на двух образцах по ГОСТ 1763
2	Микропоры	Плоскость <i>в</i> , без травления	200 <sup>×</sup>	В баллах по шкале для оценки пор в микроструктуре стали по ГОСТ 28393. Допустимый балл 1÷3
3	Кислородная ликвация	Плоскость <i>в</i> , без травления	200 <sup>×</sup>	В баллах по шкале для оценки кислородной ликвации по ГОСТ 28393. Допустимый балл 1÷2
4	Структурная полосчатость	Плоскость <i>в</i> , травление	100 <sup>×</sup>	В баллах по шкале для оценки структурной полосчатости по ГОСТ 28393. Допустимый балл 1÷2
5	Инородные порошковые частицы	Плоскость <i>в</i> , травление	100 <sup>×</sup>	Методом подсчета на всей площади шлифа по ГОСТ 28393. Допустимое количество – одна на всей площади шлифа
6	Величина зерна аустенита	Плоскость <i>a</i> , травление до почернения	400 <sup>×</sup>	В баллах по ГОСТ 5639. Допустимый балл 13
7	Карбидная неоднородность	Плоскость <i>в</i> , травление до почернения	100 <sup>×</sup>	В баллах по шкале № 1 по ГОСТ 19265. Допустимый балл 1

Примечания:

1. Поперечная плоскость *a* и параллельная плоскость *в* к направлению деформации по табл. 2.
2. Термообработка: закалка при температуре в зависимости от марки стали (табл. 3) и отпуск при температуре 680÷700 °С с выдержкой не менее 1 часа после прогрева.
3. Травление 4 %-м спиртовым раствором HNO<sub>3</sub>.



**Твердость после закалки** и отпуска измеряют по ГОСТ 9013 на образцах, отобранных от готового профиля и термически обработанных по режимам, приведенным в табл. 3, охлаждение образцов – в масле. Отпуск образцов – двух-трехкратный с выдержкой по 1 часу с последующим охлаждением на воздухе.

Контроль проводят на плоскости, перпендикулярной к направлению вытяжки. Количество отпечатков на каждом образце должно быть не менее трех.

**Качество поверхности** прутков и полос по ГОСТ 1051, ГОСТ 14955 проверяют без применения увеличительных приборов. В случае необходимости поверхность предварительно зачищают кольцами или змейкой.

**Макроструктуру** прутков и полос проверяют без применения увеличительных приборов по ГОСТ 10243. Оценка серной ликвации проводят по шкале, представленной в прил. 4.

**Контроль вида излома** проводят осмотром без применения увеличительных приборов по ГОСТ 10243. Для контроля излома закалке и отпуску подвергают образцы, вырезанные из готового отожденного металла.

**Теплостойкость (красностойкость)** порошковой быстрорежущей стали контролируют на образцах, термически обработанных по режиму, указанному в табл. 3, дополнительно отпускают в течение 4-х часов после прогрева при следующих температурах: 630 °С – для стали марок Р6М5Ф3-МП, Р6М5К5-МП и Р12МФ5-МП; 625 °С – для стали марок Р9М4К8-МП, Р12М3К5Ф2-МП.

**Контроль качества микроструктуры** порошковых быстрорежущих сталей по методике, приведенной в табл. 4. В ней содержится следующая информация: состояние образцов; условия подготовки образцов; увеличение, при котором должен выполняться контроль; метод оценки показателя каждого параметра контроля; метод оценки показателя каждого параметра микроструктуры.

Микроструктура порошковых быстрорежущих сталей контролируется по параметрам:

- микропоры;
- глубина обезуглероженного слоя;
- кислородная ликвация;
- структурная полосчатость;

- инородные порошковые частицы;
- зерно аустенита;
- карбидная неоднородность.

Оценку микроструктуры проводят на образцах, вырезанных на расстоянии не менее 30 мм от зоны смятия конца согласно табл. 2 на плоскости, параллельной направлению вытяжки. Образцы подвергают закалке по термическому режиму, приведенному в табл. 3, и отпуску при температуре  $680 \div 700$  °С с выдержкой не менее 1 часа после прогрева. Образцы для оценки карбидной неоднородности, структурной полосчатости и инородных порошковых частиц подвергают травлению в 4 %-м растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Параметры микроструктуры оценивают по методу сравнения со шкалами соответствующих стандартов (см. табл. 4).

Глубину обезуглероженного слоя стали определяют по ГОСТ 1763 методом М2 (метод Садовского) или М (травление 4 %-м растворе азотной кислоты в этиловом спирте).

Величина зерна аустенита определяется на образцах после закалки методом сравнения со шкалой по ГОСТ 5639.

#### 4. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Продукцию следует изготавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 28393.

**Твердость** стали в отожженном состоянии, твердость образцов после отжига должны соответствовать значениям, приведенным в прил. 1.

**Теплостойкость (красностойкость)** сталей всех марок должна обеспечивать твердость не менее 58 HRC<sub>3</sub> при температуре: 630 °С – для сталей марок Р6М5Ф3-МП, Р6М5К5-МП и Р12МФ5-МП; 625 °С – для стали марки Р7М2Ф6-МП; 635 °С – для сталей марок Р9М4К8-МП, Р12М3К5Ф2-МП (прил. 3).

**Твердость и прочность** после упрочняющей обработки порошковых быстрорежущих сталей зависят в значительной степени от режимов их термической обработки. Их значения должны быть не менее допустимых (прил. 3).

**На поверхности** горячекатаных прутков и полос не должно быть трещин напряжения и шлифовочных закатов и заковов, прокатных плен. Допускаются дефекты механического проис-

хождения (отдельные мелкие риски, рябизна, отпечатки), не превышающие половины допуска на размер.

На поверхности горячекатаных и кованых прутков допускаются дефекты, если глубина их, определенная контрольной запиловкой, не превышает норм допустимой глубины обезуглероженного слоя.

Поверхность калиброванной стали должна соответствовать требованиям ГОСТ 1051, стали со специальной отделкой поверхности – группам В, Г, Д ГОСТ 14955.

**В макроструктуре** металлопродукции не допускаются расслоения, посторонние включения, трещины, серная ликвация в виде линий по замкнутому контуру (балл 4). Допускается серная ликвация в виде точек повышенной травимости и линий, не образующих замкнутый контур (баллы 1 и 2, см. прил. 3).

**В изломе** прутков и полос после однократной закалки, и отпуска, обеспечивающих твердость не менее 63 HRC<sub>Э</sub>, не должно быть блесков, характерных для нафталинистого излома.

**Допустимые параметры микроструктуры** сведены в табл. 5.

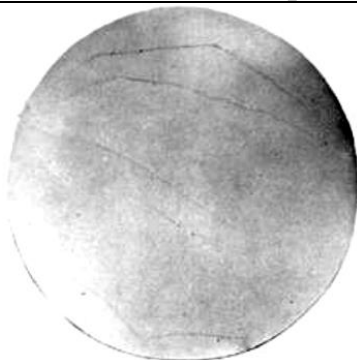
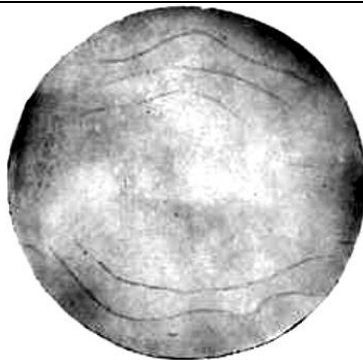
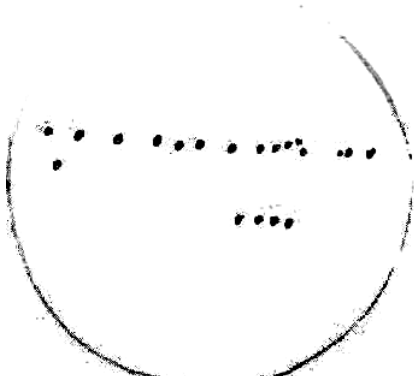
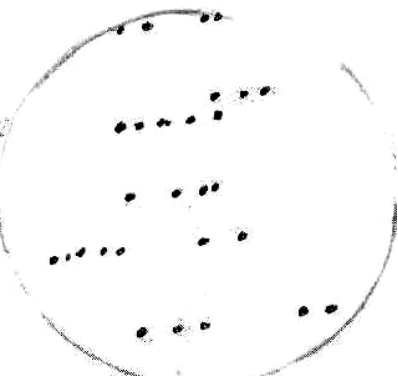
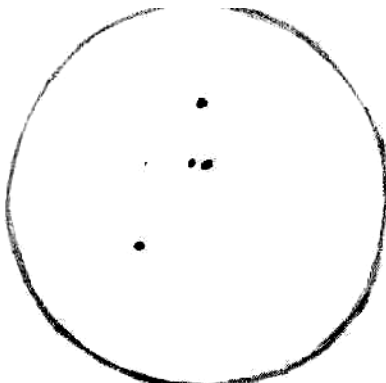
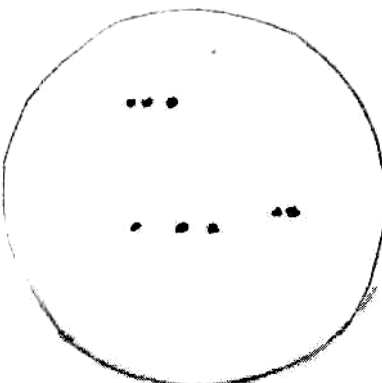
**В микроструктуре** стали не допускаются:

- цепочки окислов по границам порошковых частиц (кислородная ликвация), превышающие балл 2; (прил. 4);
- микропоры, превышающие балл 3 (прил. 5);
- структурная полосчатость, превышающая балл 2 (прил. 6);
- инородные порошковые частицы – более одной на всей площади шлифа (прил. 7);
- величина зерна не крупнее балла 13 по ГОСТ 5639;
- карбидная неоднородность, превышающая балл 1 по шкале №1 ГОСТ 19265.

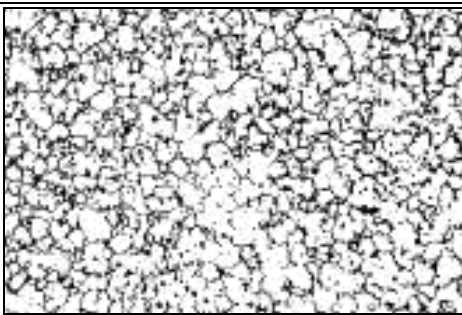
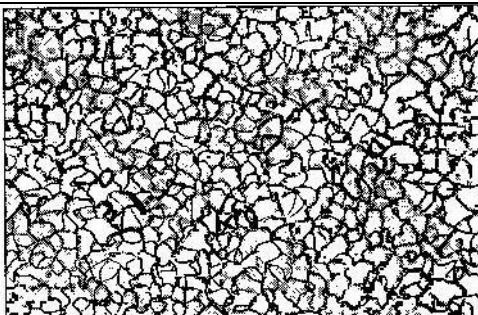
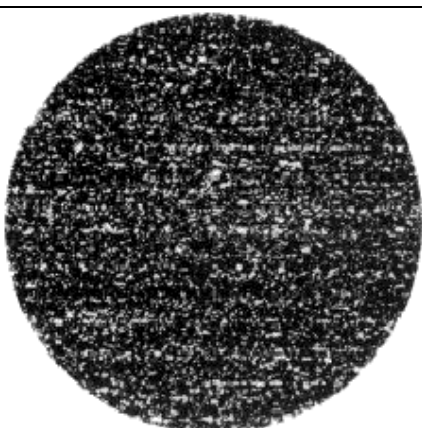
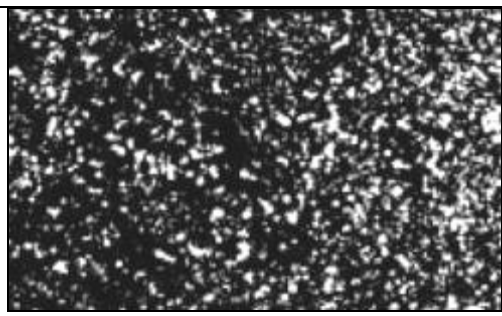
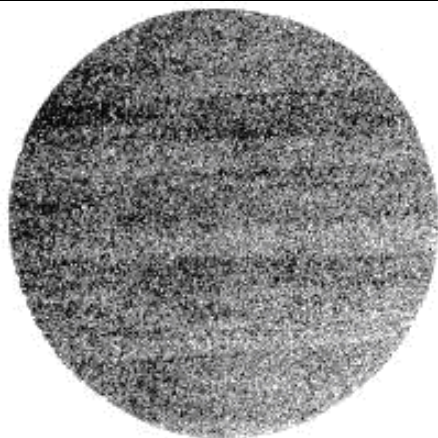
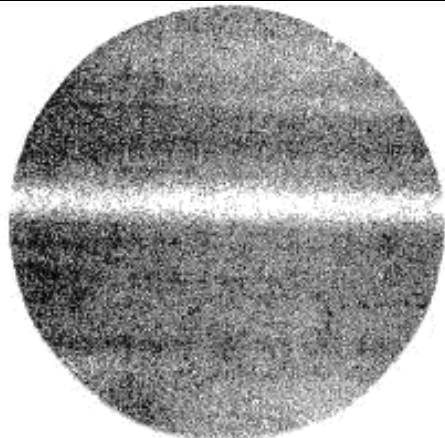
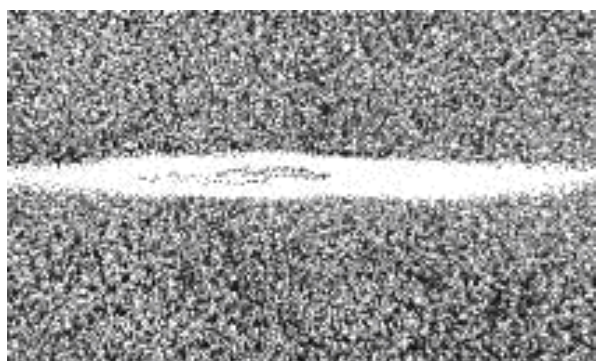
– глубина обезуглероженного слоя горячекатаных, кованых и калиброванных прутков не должна превышать на сторону: 0,3 мм плюс 2 % диаметра или толщины – для диаметров или толщин до 20 мм включительно; 0,5 мм плюс 1 % диаметра или толщины – для диаметров или толщин свыше 20 мм. На обточенных или грубо-шлифованных прутках и прутках со специальной отделкой поверхности обезуглероженный слой не допускается. Влияние температуры закалки на микроструктуру показано в прил. 8 и прил. 9. Перегрев приводит к росту зерна аустенита и укрупнению карбидов.

Таблица 5

Допустимые параметры макро- и микроструктуры  
порошковых быстрорежущих сталей (ГОСТ 28393)

Контро- лируемый показатель	Допустимое значение	Допустимые параметры структуры	
1	2	3	
макроструктура			
Серная ликвация	Балл 1 ÷ 2	 <p>Балл 1</p>	 <p>Балл 2</p>
микроструктура			
Кислородная ликвация	Балл 1 ÷ 2	 <p>Балл 1, 200<sup>×</sup></p>	 <p>Балл 2, 200<sup>×</sup></p>
Микропоры	Балл 1 ÷ 3	 <p>Балл 1, 200<sup>×</sup></p>	 <p>Балл 3, 200<sup>×</sup></p>

Продолжение табл. 5

1	2	3	
Величина зерна аустенита	Не крупнее балла 13 (ГОСТ 5638)		
		400 <sup>x</sup>	
Карбидная неоднородность	Не крупнее балл 1 (ГОСТ 19265)		
		100 <sup>x</sup>	500 <sup>x</sup>
Структурная полосчатость	Балл 1÷2	 	
		Балл 1, 100 <sup>x</sup>	Балл 2, 100 <sup>x</sup>
Инородные порошковые частицы	не более одной на всей площади шлифа		
		100 <sup>x</sup>	

## **5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ**

Необходимо соблюдать правила инструкции по технике безопасности при работе в лабораториях 3212 и 3213, утвержденной председателем профкома университета и проректором по учебной работе.

## **6. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ**

1. Назначить режим упрочняющей термической обработки в зависимости от условий эксплуатации инструмента.

2. Провести контроль качества предложенных марок порошковых инструментальных сталей:

2.1. Измерить твердость в отожженном состоянии по методу Бринелля;

2.2. Измерить твердость после закалки и отпуска по методу Роквелла;

2.3. Провести контроль микроструктуры по следующим параметрам:

- глубина обезуглероженного слоя;
- цепочки окислов по границам порошковых частиц (кислородная ликвация);
- микропоры;
- структурная полосчатость;
- инородные порошковые частицы;
- величина зерна;
- карбидная неоднородность.

Сравнить полученные результаты с допустимыми значениями параметров микроструктуры (табл. 5).

3. Проанализировать влияние термической обработки на микроструктуру и свойства стали.

4. Описать область применения исследуемых марок порошковых сталей.

5. Все результаты свести в таблицу (прил. 10).

6. Сделать заключение о качестве исследуемой порошковой стали.

## 7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Общая характеристика порошковых быстрорежущих сталей?
2. Технология изготовления порошковых быстрорежущих сталей?
3. Особенности термической обработки порошковых быстрорежущих сталей?
4. Особенности микроструктуры порошковых быстрорежущих сталей?
5. Методика контроля качества порошковых быстрорежущих сталей?
6. Параметры контроля качества порошковых быстрорежущих сталей при приемке?
7. Параметры контроля качества микроструктуры порошковых быстрорежущих сталей после упрочняющей термической обработки?
8. Условия контроля различных параметров микроструктуры порошковых быстрорежущих сталей?
9. Технические требования к порошковым быстрорежущим сталям?
10. Область применения порошковых быстрорежущих сталей?

## 8. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Короткова, Л. П. Инструментальные материалы [Электронный ресурс] : [учебное пособие] / Л. П. Короткова. – Кемерово; ГУ КузГТУ. – 2006. – 179 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90167&type=utchposob:common>
2. Короткова, Л. П. Контроль качества инструментальных материалов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. П. Короткова, Д. Б. Шатько; ГОУ ВПО "Кузбас. гос. техн. ун-т". – Кемерово, 2010. – 164 с.  
<http://library.kuzstu.ru/meto.php?n=90451&type=utchposob:common>
3. Воробьева, Г. А. Инструментальные материалы. [Электронный ресурс] : [учеб. пособие] / Г. А. Воробьева – Санкт-Петербург, 2012 – 274 с.

<http://www.biblioclub.ru/124678> Instrumentalnye materialy Uchebnoe posobie

4. Геллер, Ю. А. Инструментальные стали / Ю. А. Геллер. – Москва : Металлургия, 1983. – 526 с.

5. Гуляев, А. П. Металловедение : учебник для вузов / А. П. Гуляев, А. А. Гуляев. – Москва : Альянс, 2011. – 644 с.

6. Инструментальные стали : справочник / под ред. Л. А. Поздняка. – Москва: Металлургия, 1977. – 167 с.

7. Электронная библиотека Эксперт-онлайн информационной системы Технорматив <https://gost.online/index.htm>



## Приложение 1

Основные свойства отечественных порошковых быстрорежущих сталей,

Марка стали	Твердость после отжига HB, не более	Свойства после упрочняющей термической обработки, не менее			Условие поставки
		Твердость HRC <sub>9</sub>	$\sigma_{изг}$ , МПа	Теплостойкость, °C (не менее 58 HRC <sub>9</sub> )	
P6M5Φ3-МП	269	≥65	3500÷4400	630	ГОСТ 28393
P7M2Φ6-МП	269	≥64	3500÷4200	625	ГОСТ 28393
P12MΦ5-МП	285	≥65	3000÷4000	630	ГОСТ 28393
P6M5K5-МП	269	≥66	3000÷3800	630	ГОСТ 28393
P9M4K8-МП	285	≥66	3000÷3700	635	ГОСТ 28393
P12M3K5Φ2-МП	285	≥66	2600÷3500	635	ГОСТ 28393
P6M5K3-МП	269	67÷68	3200÷3900	630	ТУ 14-1-3647
P12M3K8Φ2-МП	285	67÷69	2700÷3200	640	ТУ 14-1-3647
10P6M5-МП	255	64÷67	—	635	ТУ 14-127-196
13P6M5Φ3-МП (ТСП-26)	285	67÷68	3500÷4400	—	ТУ А-7845-243
15P10Φ3K8M6-МП (ТСП-24)	285	68÷69	4150÷4430	—	ТУ 14-131-530
22P10Φ6K8M3-МП (ТСП-25)	285	68÷70	3800÷4100	—	—
P12M3K10Φ3-МП	285	66,5÷68	2400÷3500	640	—
P8M5K8Φ2-МП	260	67÷68	2800÷3400	635	—
10P6M5K5-МП	285	66÷67,5	2500÷3500	625	—
P10M6K8-МП	—	67÷68	—	635	—

Примечание: в марке стали МП – материал порошковый.

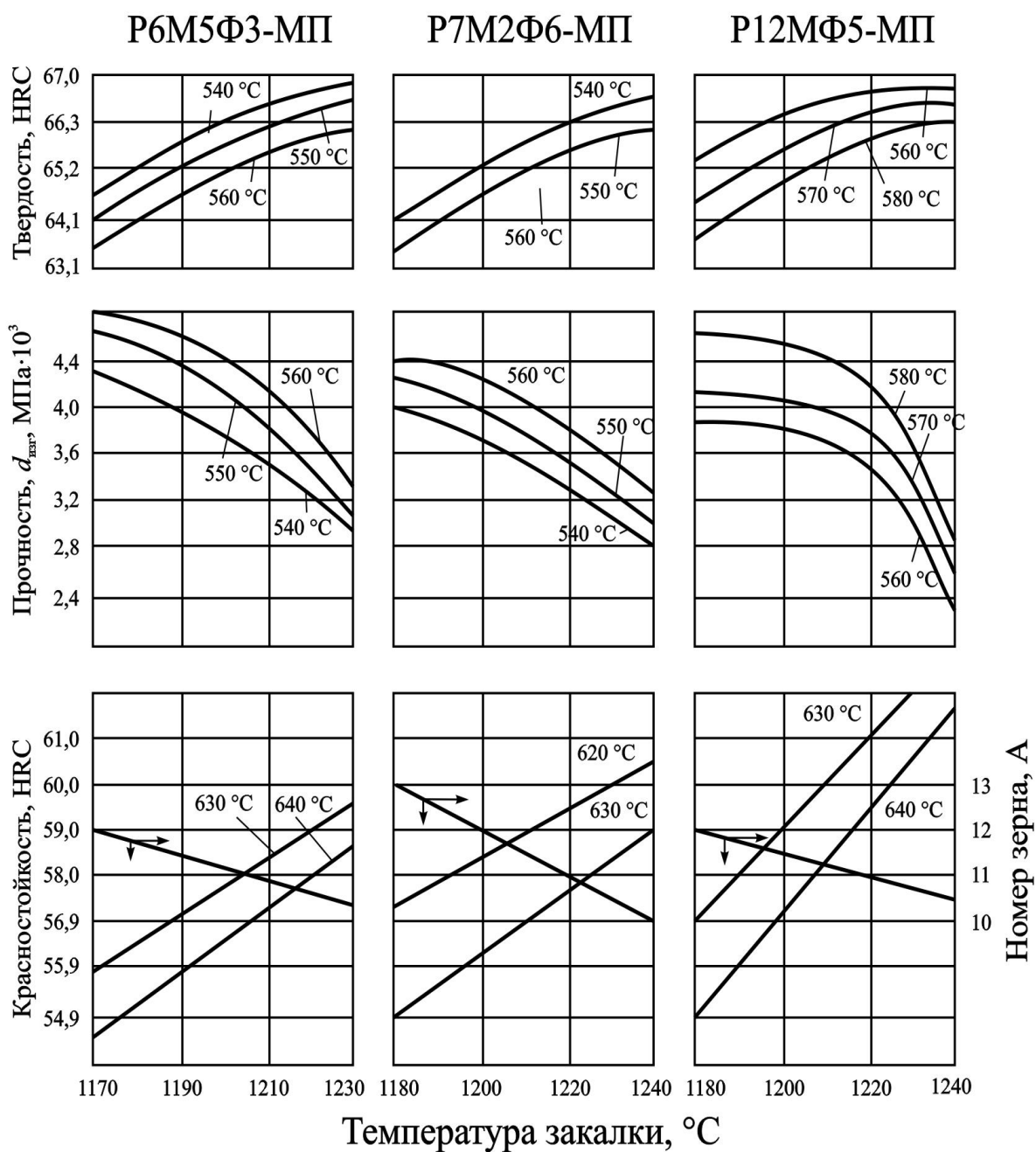
## Приложение 2

Химический состав порошковых быстрорежущих сталей  
фирмы «ERASTEEL» и их твердость в состоянии поставки

Обозначение ERASTEEL	Российские марки-аналоги	Массовая доля элемента, %						Твердость при поставке HB	
		Углерод	Вольфрам	Молибден	Ванадий	Хром	Кобальт	Мягко- отожженная	Холоднокатаная или тянутая
ASP 2005	15P3M3Φ4-МП	1,50	2,50	2,50	4,00	4,00	–	260	310
ASP 2015	15P12K5Φ5-МП	1,55	12,00	–	5,00	4,00	5,00	280	–
ASP 2017	P3M3K8-МП	0,80	3,00	3,00	1,00	4,00	8,00	260	320
ASP 2023	P6M5Φ3-МП	1,28	6,40	5,00	3,10	4,20	–	260	320
ASP 2030	P6M5Φ3K8-МП	1,28	6,40	5,00	3,10	4,20	8,50	300	320
ASP 2052	16P11M2K8Φ3-МП	1,60	10,50	2,00	5,00	4,80	8,00	300	320
ASP 2053	25P4M3Φ8-МП	2,45	4,20	3,10	7,90	4,20	–	300	340
ASP 2060	P6M7Φ6K10-МП	2,30	6,50	7,00	6,50	4,20	10,50	300	–

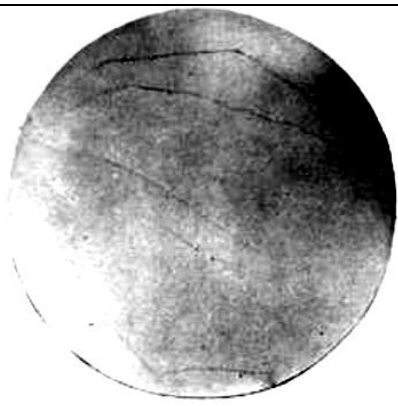
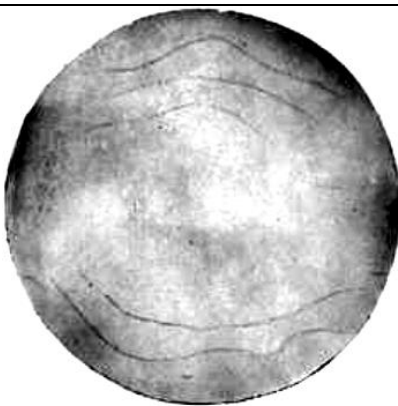
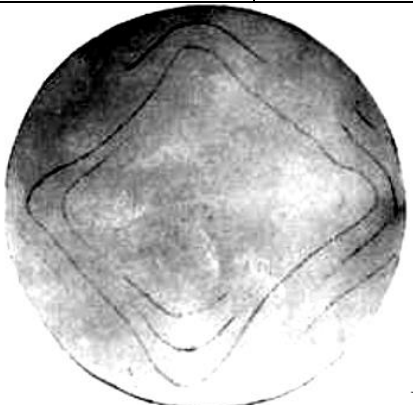
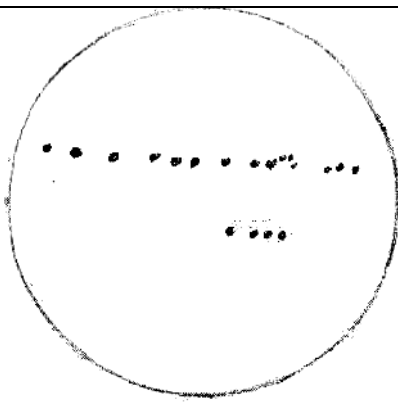
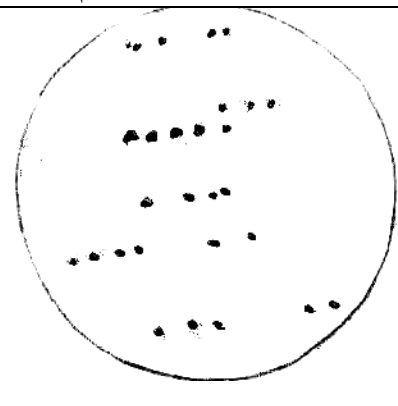

### Приложение 3

Основные свойства порошковых быстрорежущих сталей  
в зависимости от температур закалки и отпуска



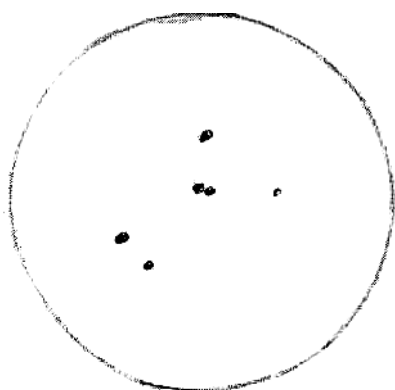
## Приложение 4

### Оценка серной и кислородной ликвации

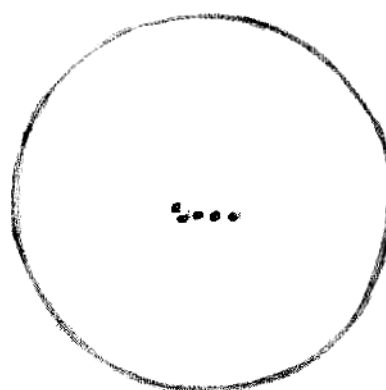
Серная ликвация	
 <p>Балл 1</p>	 <p>Балл 2</p>
 <p>Балл 3</p>	
Кислородная ликвация	
 <p>Балл 1</p>	 <p>Балл 2</p>
 <p>Балл 3</p>	

## Приложение 5

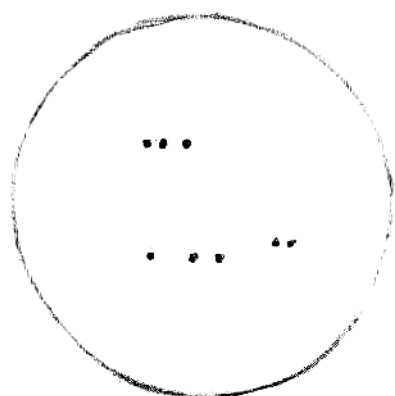
### Оценка микропор



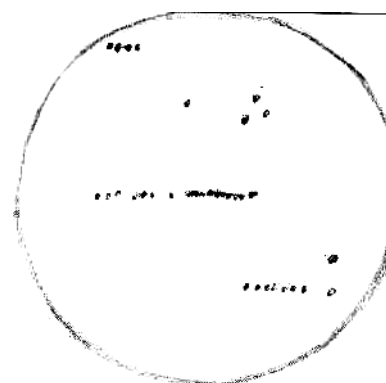
Балл 1



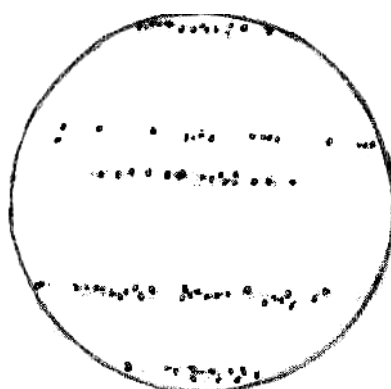
Балл 2



Балл 3

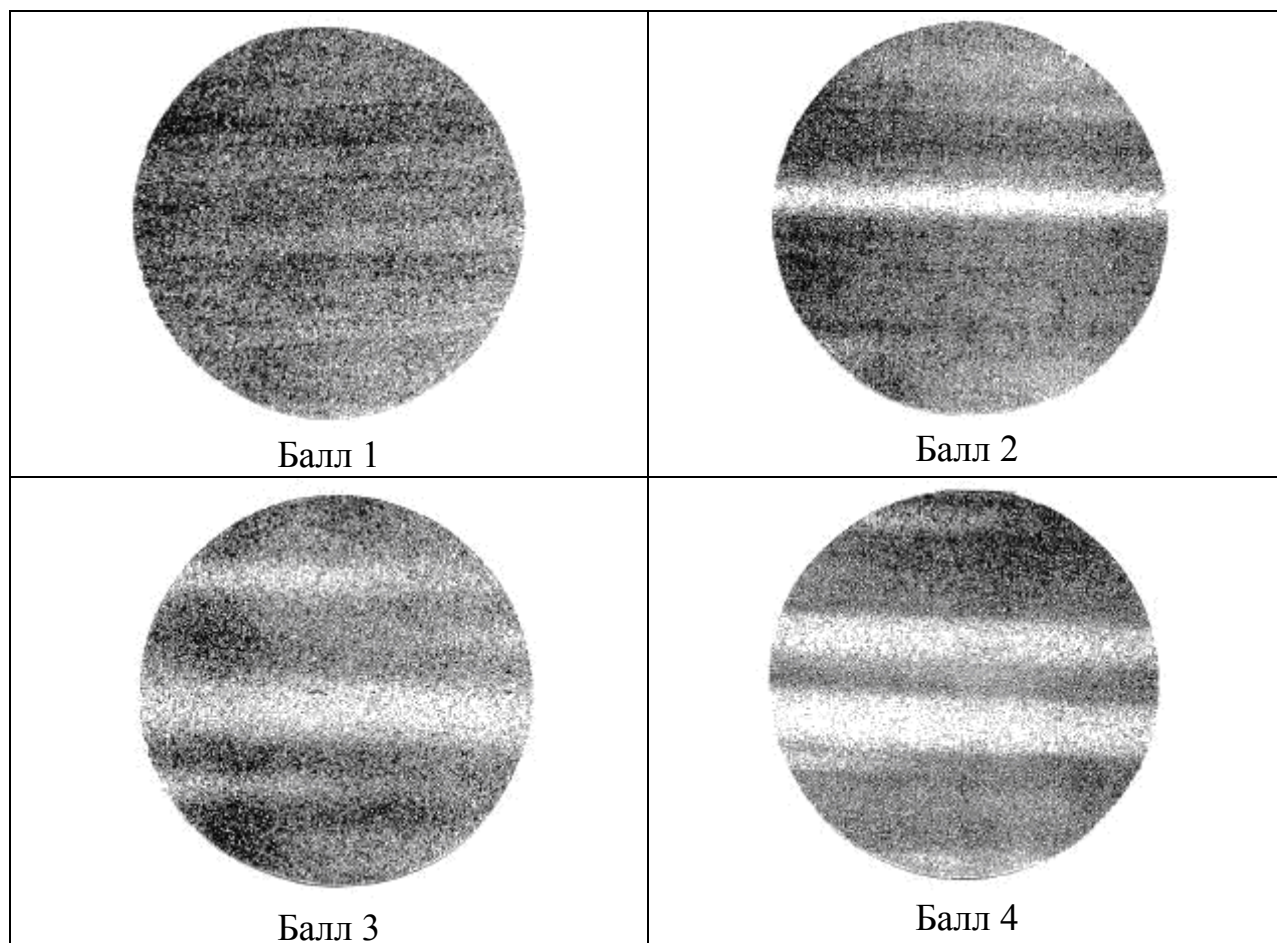


Балл 4

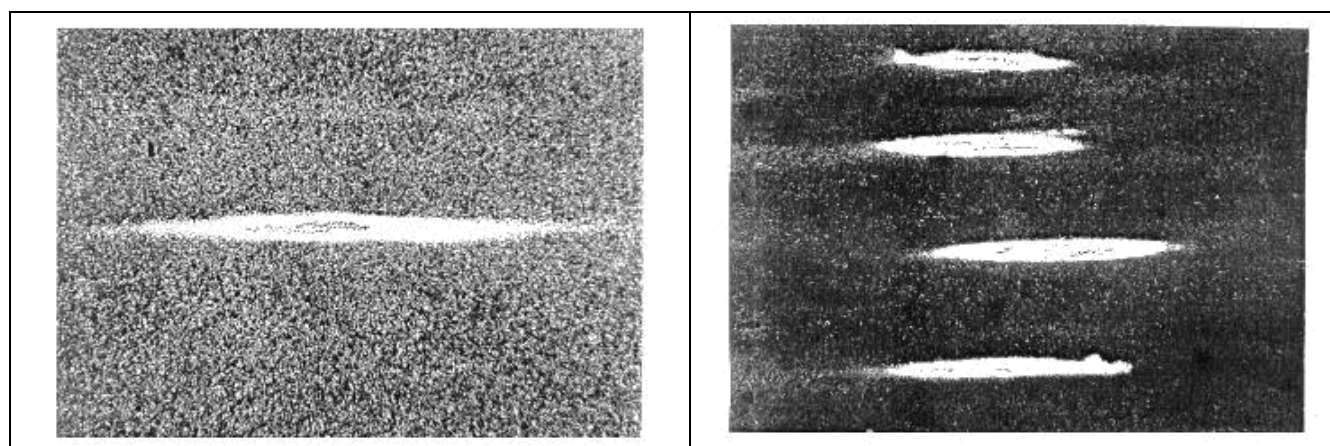


Балл 5

**Приложение 6**  
Оценка структурной полосчатости



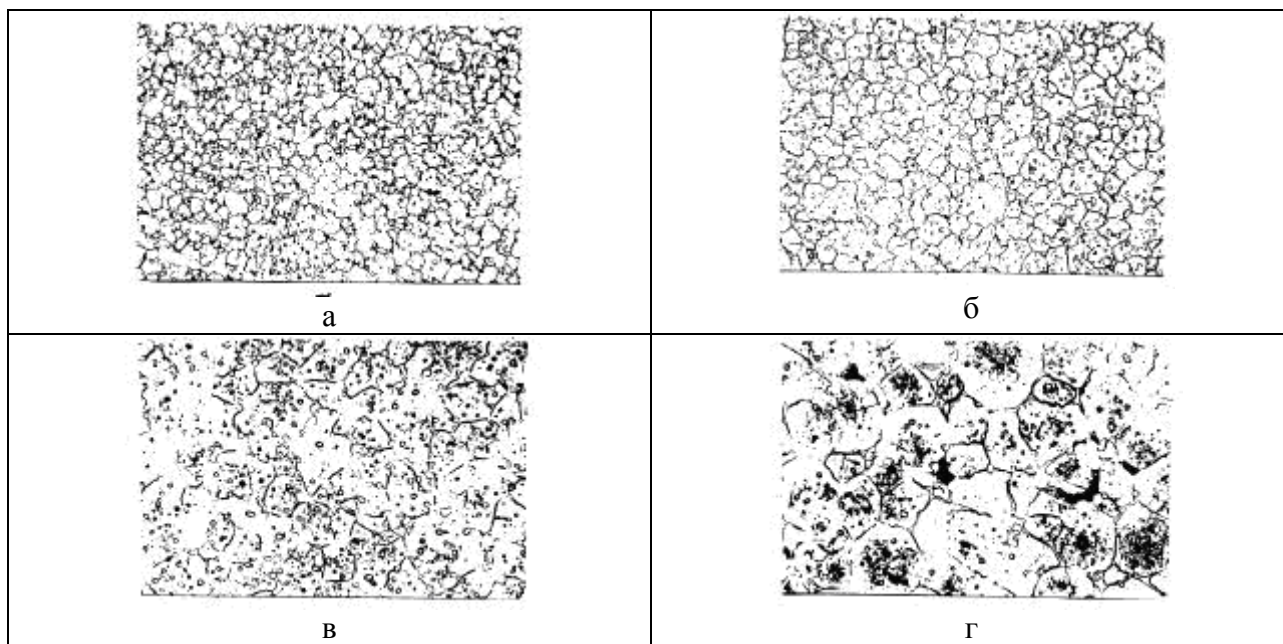
**Приложение 7**  
Вид инородных порошковых частиц





## Приложение 8

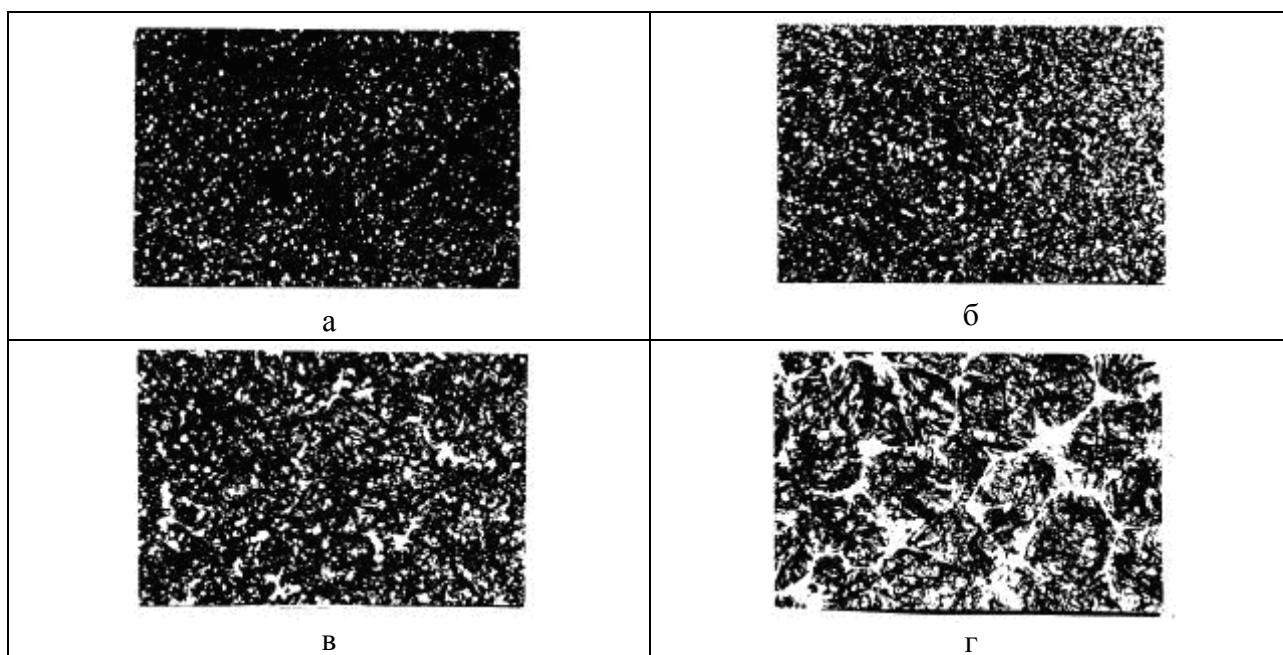
Величина зерна (400х) в зависимости от температуры закалки



Примечание: а – оптимальная температура закалки; б – превышение максимально допустимой температуры закалки на 5 – 10 °С; в – превышение максимально допустимой температуры закалки на 20 – 30°; г – превышение максимально допустимой температуры закалки более чем на 30 °С

## Приложение 9

Микроструктура (500х) в зависимости от температуры закалки



Примечание: а – оптимальная температура закалки; б – превышение максимально допустимой температуры закалки на 5 – 10 °С; в – превышение максимально допустимой температуры закалки на 20 – 30 °С; г – превышение максимально допустимой температуры закалки более чем на 30 °С

**Приложение 10**  
**Результаты исследований порошковых инструментальных сталей**  
**в состоянии поставки и после термической обработки**

Марка, химический состав	Структура в состоянии поставки	Свойства		Микроструктура после отжига		Параметры микроструктуры после предварительной Т.О.		
		Твердость после отжига, НВ кгс/мм <sup>2</sup>				Параметры микроструктуры	Глубина обезуглероженного слоя, мм	
		факт	допуск	факт	допуск		факт	допуск
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Режим упрочняющей Т.О., °С		Микроструктура		Свойства после упрочняющей Т.О.				Контролируемые параметры микроструктуры после упрочняющей Т.О.		Применение стали
Т <sub>з</sub>	Т <sub>отп</sub>	после закалки	после отпуска	HRC		σ <sub>и</sub> (σ <sub>в</sub> ), МПа	КСИ, МДж/м <sup>2</sup>			
				допуск	факт					
10	11	12	13	14	15	16	17	факт	допуск	



Составитель

Лидия Павловна Короткова

**КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ПОРОШКОВЫХ  
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СТАЛЕЙ**

Рецензент Д. Б. Шатько

Печатается в авторской редакции

Подписано в печать 21.03.2022. Формат 60×84/16.

Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 1,2

Тираж экз. Заказ

Кузбасский государственный технический университет

Имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28

Издательский цех УИП Кузбасского государственного технического  
университета имени Т. Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4А