

Изобретение относится к области машиностроения и может быть использовано для очистки заготовок от окалины

Наиболее близким решением к заявляемому способу является способ очистки проката [1], предусматривающий предварительное разрушение окалины, огневую обработку и последующую обработку гидроабразивной струей. Предварительное разрушение окалины заключается в дроблении, интенсивном трещинообразовании окалины роликами с шипами. Огневой обработкой осуществляется разрыхление окалины над пламенем горелок.

Способ по прототипу обладает значительными недостатками. Шипы роликов прокалывают окалину и основной металл. Кроме того, факел горелки воздействует не на всю заготовку, в результате отдельные участки остаются холодными, что приводит к термической деформации (короблению) тонких (0,5-5 мм) заготовок. Попадая в зону гидроабразивной обработки, нагретая заготовка подвергается воздействию холодной суспензии, в результате чего происходит закалка заготовки, испаряется жидкость, меняется концентрация абразива в суспензии. Возникает необходимость в дополнительной правке деформированных заготовок, а также замене гидроабразивной суспензии. Таким образом, способ по прототипу имеет ограниченные технологические возможности, малую производительность, низкое качество обработки и большую металлоемкость.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа очистки заготовок от окалины путем предварительного нанесения рисок на очищаемую поверхность с последующим подбором абразива для гидроабразивной обработки, чем достигают снижения потерь основного материала при очистке, улучшений качества очистки и повышения производительности процесса.

Поставленная задача решается тем, что в способе очистки заготовок от окалины, включающем предварительное разрушение окалины и последующую очистку поверхности гидроабразивной струей, согласно изобретению, предварительное разрушение окалины осуществляют иглофрезами с нанесением сетки рисок на глубину 0,5...0,7 толщины окалины, а окончательную гидроабразивную обработку производят с использованием абразива зернистостью 1 ...2,5 глубины рисок, наносимых иглофрезами.

Способ осуществляется следующим образом. Обрабатываемый прокат с помощью транспортирующих средств поступает в зону очистки цилиндрическими или торцевыми иглофрезами, произведенными, например, Белгородским заводом иглофрез (диаметр фрезы 50-80 мм, диаметр игл 0,2-0,6 мм). Фрезы подводятся к заготовкам до касания торцами игл с обрабатываемой поверхностью. Вращающиеся иглофрезы при контакте с поверхностью обрабатываемого проката наносят сетку рисок по окалине и разрыхляют ее. Шаг между рисками зависит от диаметра фрезы, скорости ее вращения и плотности упаковок иглофрез.

Экспериментально установлено, что наилучшие результаты могут быть получены при нанесении сетки рисок на глубину 0,5-0,7 толщины окалины. Риски глубиной менее 0,5 толщины окалины неэффективно способствуют дальнейшему разрушению окалины, например гидроабразивным способом. Риски глубиной более 0,7 мм толщины окалины могут в виде трещин переходить до основного металла, при этом увеличивается износ иглофрез. Таким образом, режим иглофрезирования подбирается так, что фреза работает в режиме эластичного контакта с заготовкой и свободного скольжения торцов игл по ней, без назначения заранее глубины резания при обычных схемах фрезерования.

Далее обрабатываемая заготовка поступает в камеру гидроабразивной очистки. Суспензию готовят таким образом, что зернистость абразива находится в пределах 1-2,5 глубины рисок, нанесенных иглофрезами. Эти пределы установлены также экспериментально. При этом установлено, что отдельные зерна своими острыми гранями будут проникать в риск и производить дальнейшее разрушение окалины. Зерна величиной менее глубины рисок будут попадать во впадину, тормозиться, двигаться, перемещаться вдоль рисок, заполнять ее объем и не выполнять разрушение. Применение слишком больших зерен (величиной более 2,5 глубины рисок) приводит к тому, что их острые грани не проникают в риски, скользят по вершинам микрорельефа и не разрушают окалину. Заготовка, проходя через зону действия абразивной струи, подвергается полной очистке от окалины; при этом следует отметить, что предварительно разрушенная окалина не на всю ее толщину предохраняет разрушение основного металла. Абразивные частицы, имея касательную составляющую сил резания, скалывают окалину, как более хрупкий материал вдоль поверхности основного материала. Неразрушенная оставшаяся окалина, при фрезеровании 0,3-0,5 общей толщины, скалывается одновременно с разрушением верхних разрыхленных слоев.

Способ позволяет обеспечить полное и качественное разрушение окалины.

Примеры осуществления способа:

Пример 1. Очистке от окалины подлежали образцы из листовой горячекатанной стали (ГОСТ 19903-74) В Ст. 3пс, толщиной 4 мм (размерами 80 x 300 мм), нормальной точности прокатки (технические требования на лист по ГОСТ 14637-79). Толщина окалины 0,4 мм. Предварительная обработка проводилась торцевыми иглофрезами диаметром 80 мм, диаметр игл 0,5 мм (ТУ 2-035-1027-86). Скорость вращения иглофрез 2 м/с. Подача - 500 мм/мин.

Зернистость применяемого абразива (карбид кремния зеленый, ГОСТ 26327-83) - 0,12 мм. Скорость струн - 90 м/с, угол атаки -  $90^{\circ}$ , длина струи - 100 мм, концентрация абразива в суспензии 30%.

Оценка качества очистки листа (глубина рисок) на каждом режиме производилась по трем образцам.

Качество очистки листа от окалины оценивалось по пятибалльной шкале:

- 1 балл - поверхность листа покрыта окалиной с незначительными следами рисок и лунок;
- 2 балла - поверхность листа покрыта окалиной с нанесенной на ней сеткой неглубоких рисок;
- 3 балла - поверхность листа покрыта окалиной с нанесенной сеткой рисок и частичным сколом окалины;
- 4 балла - поверхность листа покрыта дисперсно расположенными тонкими пятнами окалины;
- 5 баллов - поверхность листа полностью очищена от окалины.

Полученные данные, сведенные в таблицу, показывают, что первые двенадцать образцов, обработанные на 4 режимах (1-4) иглофрезирования, очищены от окалины полностью (качество очистки оценено в 5 баллов) и в последующей струйно-абразивной обработке нет необходимости. Однако при этом наблюдается сьем основного материала листа и износ иглофрезы. Для упрощения обработки результатов и наглядности максимальные износ иглофрезы и расход основного материала, полученные на 1 жестком режиме иглофрезирования, приняты на 100%. Следующие двенадцать образцов обработаны с глубиной рисок в пределах толщины окалины. Значительно уменьшены износ иглофрезы и расход основного материала (режимы 5, 6, 7, 8). На поверхностях

образцов остаются пятна окалины (оценка качества - 4 балла), поэтому требуется последующая струйно-абразивная обработка.

Режимы 9-12 позволяют наносить сетку рисков на глубину 0,5-0,7 толщины окалины. На этих режимах практически отсутствует расход основного материала, т.к. иглофреза не соприкасается с ним. Износ фрезы в пределах 15-20% первого режима иглофрезерования. Время на последующую струйно-абразивную обработку для получения качественной очистки минимально.

Последние 6 образцов, обработанные на режимах 13, 14, дают минимальный износ иглофрезы, исключают съем основного материала, но качество поверхности оценивается 1 баллом, а последующая струйно-абразивная обработка увеличивается во времени в 2-3 раза.

Проведенный сравнительный анализ показывает, что снижение расхода основного материала, износа иглофрезы, энергозатрат можно получить при предварительном разрушении окалины иглофрезерованием с нанесением сетки рисков на глубину 0,5-0,7 толщины окалины.

При окончательной обработке такой подготовленной поверхности важно знать оптимальную зернистость абразива, т.к. изменение остальных параметров струйно-абразивной обработки будет приводить к известным результатам, например: увеличение скорости струи приведет к увеличению производительности процесса, а увеличение длины струи - к уменьшению и т.д.

Режимы струйно-абразивной обработки оставались постоянными, а зернистость абразива изменилась от 50 до 630 мкм согласно группам размеров зерен по ГОСТ 3647-80 и стандартам FEPA.

Для определения оптимальной зернистости абразива использовали образцы, предварительно обработанные иглофрезерованием на режимах 9-12 (табл.1), нанесенные риски (0,29-0,19) соответствуют заявляемой глубине риска (0,5-0,7 толщины окалины). Диапазон отношений зернистости абразива к глубине нанесенных рисков расширен, как в одну, так и в другую сторону от заявляемого предела (1-2,5) и составляет 0,8-3.

Анализ полученных данных (табл. 2) показывает, что обработка абразивами в заявляемом пределе (1-2,5) всегда приводит к улучшению качества очистки окалины. Величина зернистости абразива, определенная из отношения  $Za/hr < 1$ , не приводит к положительным результатам, т.к. зерна величиной 160-200 мкм, взаимодействуя с обрабатываемой поверхностью, заполняют риски, накапливаются на поверхности и препятствуют разрушению окалины. В этом случае снятие окалины может произойти за значительно большее время и с большими энергетическими затратами по сравнению с обработкой, когда применяются абразивы с зернистостью в заявляемых пределах.

Абразивы зернистостью, оп. деленной из соотношения  $Za/hr > 2,5$ , имеют большую массу, труднее разгоняются, тем самым взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью с меньшей скоростью, происходит их проскальзывание по вершинам микрорельефа окалины, что приводит к снижению качества очистки и, соответственно, к увеличению энергозатрат, времени обработки.

Из всех величин зернистости абразивов, определенных из заявляемого предела (1-2,5 глубины риски), зернистость 320 мкм позволяет получать хорошее качество очистки проката от окалины, на которую нанесены риски заявляемой глубины (0,5-0,7 толщины окалины).

По сравнению с другими абразивами, величина зернистости которых лежит в заявляемых в пределах, абразив зернистостью 320 мкм требует меньших энергетических затрат для получения оптимальной скорости барботирования.

Таким образом, для снятия металлургической окалины толщиной 0,4 мм по примеру 1 требуется предварительное нанесение рисков иглофрезерованием глубиной 0,2-0,28 и для окончательной обработки - зернистость абразива 320 мкм.

Пример 2. Очистке от окалины подвергались образцы из проката стального квадратного горячекатанного ГОСТ 4693-77 Ст.40 (ГОСТ 1050-74) со скругленными углами, со стороной квадрата 60 мм, длиной 200 мм. Толщина окалины 1,1 мм.

Предварительную обработку проводили иглофрезерованием. Иглофрезы (ТУ2-035-1027-86) торцевые, диаметром 65 мм, диаметр игл 0,6 мм, скорость вращения иглофрез 1 м/с. Подача - 250 мм/мин. Эти режимы позволили на окалине нанести риски глубиной, входящей в рекомендуемый предел.

Окончательная струйно-абразивная обработка проводилась с режимами, описанными в примере 1. Поскольку глубина рисков в заявляемых пределах должна иметь значение 0,51-0,71, а, исходя из этого, средняя зернистость - 1000 мкм, то применялись струйные аппараты, позволяющие получить скорость 90 м/с, но с большими энергозатратами, чем в примере 1.

Результаты исследований занесены в таблицы 3 и 4.

Данные таблицы 3 показывают, что в режимах иглофрезерования 7-11 износ иглофрезы составляет в среднем треть износа при полном снятии окалины иглофрезерованием.

Время на последующую струйно-абразивную обработку минимально. Разрушение основного материала отсутствует. Глубина рисков на этих режимах (0,55-0,77) соответствует заявленному пределу (0,5-0,7 толщины окалины).

Образцы с такой глубиной рисков использовали для определения оптимальной зернистости абразива для снятия окалины толщиной 1,1 мм. Диапазон отношений зернистости абразива к глубине рисков расширен от заявляемого предела (1-2,5) и составляет 0,6-3.

Анализ результатов исследований, приведенных в таблице 4, показывает, что обработка абразивами с величиной зерна в заявляемом пределе (1-2,5) всегда приводит к улучшению качества очистки окалины. Руководствуясь изложенными доводами при анализе результатов, полученных в примере 1, можно сделать следующие выводы: для очистки окалины толщиной 1,1 мм следует предварительно наносить риски иглофрезерованием глубиной 0,55-0,77 толщины окалины. Для окончательного снятия окалины с нанесенными рисками такой глубины следует применять абразив зернистостью 800 мкм, что соответствует отношениям  $Za/hr$  - 1,4; 1,3; 1,2; 1,1; 1,0 для каждой конкретной глубины риски.

Пример 3. Заготовки из проката круглого сечения стали 30ХГСА по ГОСТ 4543-71, диаметром круга 20 мм, длиной 200 мм, обычной точности по ГОСТ 2590-71, имеющие на поверхности окалину толщиной 0,25 мм, подвергали очистке предложенным способом.

Иглофрезерование производилось дисковыми фрезами диаметром 120 мм, диаметр игл 0,5 мм. Скорость вращения иглофрез 4 м/с. Подача 125 мм/мин. Скорость вращения заготовки - 10 м/мин.

Режимы струйно-абразивной обработки соответствуют режимам первых двух примеров. Для снятия тонкой окалины требуется более мелкий абразив.

Для получения оптимальной скорости абразивной струи применены соответствующие струйные аппараты.

Результаты очистки круглого проката занесены в таблицы 5 и 6. И хотя окалина на этом прокате отличается не только по толщине, но и по физико-механическим свойствам, оптимальные параметры очистки предложенным способом остаются в заявляемых пределах.

Оптимальный результат предварительной обработки иглофрезами получен при нанесении рисок в заявляемом пределе (0,5-0,7 толщины окалины), образцы № 6, 7, 8 табл. 5, а выбранная из заявляемого отношения (1-2,5) зернистость абразива (1,3; 1,1; 1,0 глубины риски) составила 160 мкм.

Технологические преимущества заявляемого способа поясняются примерами 4, 5 (см. табл. 7-10).

Пример 4. Обработке подвергалась заготовка с толщиной окалины 0,1 мм.

Пример 5. Обработывалась заготовка с толщиной окалины 0,6 мм.

В примере 4 в качестве абразива применяли стеклянные шарики, так как обработке подлежал титановый сплав.

В примере 5 в качестве абразива применяли струйную дробь, так как обработке подлежал толстолистовой горячекатанный прокат с толщиной окалины 1,6 мм.

Приведенные примеры показывают, что предлагаемый способ позволил снизить потери основного металла при очистке; повысить производительность процесса, уменьшить износ иглофрез.

Предлагаемый способ найдет широкое применение в различных отраслях машиностроения и металлургии при очистке заготовок от окалины.

Предлагаемый способ наиболее эффективен при обработке заготовок в гибких автоматизированных производствах на станках с ЧПУ.

**Таблица 1**

№ п/п	Предварительное разрушение окалины				Время гидроабразивной обработки, сек	Примечание
	Глубина риски нр, мм	Износ иглофрезы, %	Расход основного материала образца, %	Качество очистки, баллы нр/нок		
1	0,54	100	100	5 / 1,32	—	Обработка в режиме иглофрезирования
2	0,51	90	95	5 / 1,27	—	
3	0,47	85	75	5 / 1,18	—	
4	0,43	70	45	5 / 1,07	—	
5	0,40	50	25	4 / 1,00	40	Обработка в режиме заявляемого способа
6	0,37	35	20	4 / 0,92	40	
7	0,33	35	15	4 / 0,82	40	
8	0,31	20	10	4 / 0,77	40	
9	0,29	20	—	3 / 0,72	40	
10	0,26	20	—	3 / 0,65	40	
11	0,22	20	—	3 / 0,55	40	
12	0,19	15	—	2 / 0,48	40	
13	0,16	15	—	1 / 0,40	80	Обработка в режиме гидроабразивного метода
14	0,11	15	—	1 / 0,26	120	

Таблица 2

№ п/п	Глубина рис- ки $h_p$ , мм	Отношение зернистости абразива к глу- бине риски, $Z_a/h_p$	Зернистость абразива $Z_a$ , мм	Зернистость по ГОСТ 3647- 88, мкм	Качество очи- стки, баллы
1	2	3	4	5	6
1	0,19	0,8	0,152	160	3
		1,0	0,190	200	4
		1,1	0,209	200	5
		1,4	0,266	200	5
		1,7	0,323	320	5
		2,0	0,380	400	4
		2,3	0,437	400	4
		2,5	0,475	500	4
		2,8	0,502	500	3
		3,6	0,750	630	2
2	0,22	0,8	0,176	160	4
		1,0	0,220	200	4
		1,2	0,264	200	5
		1,5	0,330	320	5
		1,7	0,374	400	5
		2,0	0,440	400	4
		2,3	0,506	500	4
		2,5	0,580	500	4
		2,8	0,616	630	2
		3,0	0,660	630	2

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6
3	0,26	0,8	0,208	200	3
		1,0	0,260	200	4
		1,2	0,316	320	5
		1,5	0,442	400	5
		1,7	0,560	400	5
		2,0	0,552	500	4
		2,3	0,650	630	4
		2,5	0,728	630	4
		2,8	0,780	630	3
		3,0	0,152	700	2
4	0,29	0,8	0,232	200	4
		1,0	0,290	320	5
		1,1	0,349	320	5
		1,5	0,435	400	5
		1,7	0,453	500	4
		2,0	0,580	630	4
		2,3	0,667	630	4
		2,5	0,725	630	3
		2,8	0,812	800	2
		3,0	0,870	800	2

Таблица 3

№ п/п	Преварительное разрушение окалины				Время гидроабразивной обработки, сек	Примечание
	Глубина риски $\mu\text{p}$ , мм	Износ иглофрезы, %	Расход основного материала образца, %	Качество очистки, баллы $\mu\text{p}/\text{hok}$		
1	1,25	100	100	5 / 1,13	—	Обработка в режиме иглофрезерования за один проход —" —" —" —" —" —"
2	1,20	100	75	5 / 1,09	—	
3	1,14	95	60	5 / 1,03	—	
4	1,05	65	40	4 / 0,95	60	
5	0,93	50	30	4 / 0,84	60	
6	0,85	45	до 10	4 / 0,77	60	
7	0,78	40	—	3 / 0,71	60	
8	0,71	35	—	3 / 0,64	60	
9	0,65	30	—	3 / 0,59	60	
10	0,60	30	—	3 / 0,55	60	
11	0,56	35	—	3 / 0,51	60	
12	0,51	25	—	2 / 0,45	120	Обработка за два прохода Обработка за три прохода
13	0,45	25	—	2 / 0,40	120	
14	0,40	20	—	1 / 0,36	180	

Таблица 4

№ п/п	Глубина рис- ки h <sub>p</sub> , мм	Отношение зернистости абразива к глу- бине риски, Za/h <sub>p</sub>	Зернистость абразива Z <sub>a</sub> , мм	Зернистость по ГОСТ 3647- 88, мкм	Качество очи- стки, баллы
1	0,56	0,6	0,336	320	4
		0,8	0,448	400	4
		1,0	0,560	500	5
		1,4	0,780	800	5
		1,7	0,952	1000	5
		2,0	1,120	1000	5
		2,2	1,232	1200	4
		2,5	1,400	1200	4
		2,8	1,568	1600	3
		3,0	1,680	1680	3
2	0,60	0,6	0,360	320	4
		0,8	0,480	500	4
		1,0	0,600	630	5
		1,3	0,780	800	5
		1,7	1,020	1000	5
		2,0	1,200	1200	4
		2,2	1,320	1200	4
		2,5	1,500	1600	3
		2,8	1,680	1600	3
		3,0	1,800	1600	3
3	0,65	0,6	0,390	400	4
		0,8	0,520	500	5
		1,0	0,650	630	5
		1,2	0,780	800	5
		1,6	1,104	1000	5
		2,0	1,300	1200	4
		2,2	1,430	1230	4
		2,5	1,625	1600	3
		2,8	1,820	1600	3
		3,0	1,950	2000	2
4	0,71	0,6	0,426	400	4
		0,8	0,568	600	5
		1,0	0,710	600	5
		1,1	0,781	800	5
		1,5	1,065	1000	5
		2,0	1,420	1200	4
		2,2	1,562	1600	3
		2,5	1,775	1600	3
		2,8	1,988	2000	2
		3,0	2,130	2000	2

Таблица 5

№ п/п	Предварительное разрушение окалины				Время гидроабразивной обработки, сек	Примечание
	Глубина риски $h_p$ , мм	Износ иглофрезы, %	Расход основного материала образца, %	Качество очистки, баллы $h_p/h_{ok}$		
1	0,43	100	100	5 / 1,72	—	Обработка за один проход —" —" —" —" —"
2	0,38	90	80	5 / 1,50	—	
3	0,31	70	60	5 / 1,31	—	
4	0,26	65	30	4 / 1,00	100	
5	0,23	45	25	4 / 0,90	100	
6	0,17	30	20	4 / 0,70	100	
7	0,15	25	15	4 / 0,60	100	
8	0,13	15	—	3 / 0,50	100	
9	0,10	10	—	2 / 0,40	200	
10	0,07	—	—	1 / 0,20	200	

Таблица 6

№ п/п	Глубина риски $h_p$ , мм	Отношение зернистости абразива к глубине риски, $Z_a/h_p$	Зернистость абразива $Z_a$ , мм	Зернистость по ГОСТ 3647-88, мкм	Качество очистки, баллы
1	2	3	4	5	6
1	0,13	0,6	0,078	80	3
		0,8	0,104	100	4
		1,0	0,130	120	4
		1,3	0,169	160	5
		1,5	0,195	200	5
		2,0	0,260	250	5
		2,2	0,286	250	5
		2,5	0,325	320	4
		2,8	0,364	320	5
		3,0	0,390	400	5
2	0,15	0,6	0,090	100	3
		0,8	0,120	120	4
		1,0	0,150	160	5
		1,1	0,165	160	5
		1,5	0,225	200	5
		2,0	0,300	320	4
		2,2	0,330	320	4
		2,5	0,375	400	3
		2,8	0,420	400	3
		3,0	0,450	400	3

1	2	3	4	5	6
3	0,17	0,6 0,8 1,0 1,0 1,7 2,0 2,2 2,5 2,8 3,0	0,102 0,136 0,170 0,204 0,289 0,340 0,374 0,425 0,476 0,510	100 120 160 200 320 320 400 400 500 500	4 4 5 5 4 4 3 3 2 2

Таблица 7

№ п/п	Преварительное разрушение окалины				Время гидроабразивной обработки, сек	Примечание
	Глубина риски $h_p$ , мм	Износ иглофрезы, %	Расход основного материала образца, %	Качество очистки, баллы $h_p/h_{ok}$		
1	0,20	100	100	5 / 2,00	—	Обработка в режиме иглофрезерования
2	0,15	80	75	5 / 1,50	—	
3	0,10	50	30	5 / 1,00	—	
4	0,08	35	15	4 / 0,80	—	
5	0,07	20	—	4 / 0,70	10	
6	0,06	15	—	3 / 0,60	10	—
7	0,05	15	—	2 / 0,50	15	—
8	0,03	13	—	1 / 0,30	25	Обработка в режиме гидроабразивного метода
9	0,01	10	—	1 / 0,10	35	

Таблица 8

№ п/п	Глубина риски $h_p$ , мм	Отношение зернистости абразива к глубине риски, $Z_a/h_p$	Зернистость абразива $Z_a$ , мм	Зернистость по ГОСТ 3647-88, мкм	Качество очистки, баллы
1	2	3	4	5	6
1	0,05	0,8 1,0 1,2 1,3 1,6 2,0 2,1 2,5 2,7 3,2	0,040 0,050 0,060 0,065 0,080 0,100 0,105 0,125 0,135 0,150	40 50 63 63 80 100 100 125 125 160	2 4 4 4 5 5 5 4 3 3



Продолжение табл. 8

1	2	3	4	5	6
2	0,06	0,8	0,048	50	3
		1,0	0,060	60	3
		1,3	0,078	80	4
		1,6	0,096	100	5
		1,8	0,108	100	5
		2,1	0,126	125	5
		2,3	0,138	125	5
		2,5	0,150	125	5
		2,7	0,162	160	4
		3,3	0,198	200	3
3	0,07	0,7	0,049	50	3
		0,9	0,063	63	3
		1,1	0,077	80	4
		1,5	0,105	100	5
		1,7	0,119	120	5
		2,3	0,161	160	5
		2,4	0,168	160	5
		2,8	0,196	200	4
		3,0	0,210	200	3

Таблица 9

№ п/п	Преварительное разрушение окалины				Время гидроабразивной обработки, сек	Примечание
	Глубина риски нр, мм	Износ иглофрез, %	Расход основного материала образца, %	нр/нок		
1	1,80	100	100	1,12	—	Обработка в режиме иглофрезирования —" —"
2	1,61	80	85	1,00	—	
3	1,43	50	40	0,89	—	
4	1,30	35	15	0,81	—	
5	1,21	25	—	0,75	—	
6	1,12	20	—	0,70	20	Обработка в режиме заявляемого способа —"
7	1,05	20	—	0,65	20	
8	0,96	20	—	0,60	20	
9	0,85	20	—	0,53	30	
10	0,80	15	—	0,50	40	
11	0,71	15	—	0,44	50	Обработка в режиме гидроабразивного метода
12	0,60	15	—	0,37	60	
13	0,48	10	—	0,30	90	

Таблица 10

№ п/п	Глубина риски h <sub>p</sub> , мм	Отношение зернисто- сти абразива к глубине риски, Z <sub>a</sub> /h <sub>p</sub>	Диаметр дробы Z <sub>a</sub> , мм	Качество очист- ки, баллы
1	0,80	0,5	0,40	2
		0,8	0,64	3
		1,0	0,80	4
		1,3	1,04	4
		1,6	1,28	4
		2,0	1,60	5
		2,3	1,84	5
		2,5	2,00	5
		2,8	2,24	4
		3,4	2,72	4
2	0,85	0,5	0,42	2
		0,8	0,68	3
		1,0	0,85	4
		1,3	1,15	4
		1,6	1,36	4
		2,0	1,70	5
		2,4	2,04	5
		2,5	2,12	5
		2,8	2,38	4
		3,4	2,89	4
3	0,96	0,5	0,48	2
		0,8	0,76	3
		1,0	0,96	4
		1,3	1,24	4
		1,6	1,53	5
		2,1	2,01	5
		2,3	2,20	5
		2,5	2,40	4
		2,8	2,68	4
		3,4	3,26	3
4	1,05	0,5	0,52	3
		0,8	0,84	4
		1,0	1,05	4
		1,3	1,36	4
		1,6	1,68	5
		2,0	2,10	5
		2,3	2,40	4
		2,5	2,60	4
		2,8	2,94	4
		3,4	3,57	3
5	1,12	0,5	0,56	3
		0,8	0,86	4
		1,0	1,12	4
		1,5	1,68	5
		1,8	2,04	5
		2,0	2,24	5
		2,3	2,57	4
		2,5	2,80	4
		2,8	2,10	3
		3,4	3,80	2