



# **ДЕФЕКТЫ СТАЛЬНЫХ ЗАГОТОВОК И МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ**

**СПРАВОЧНИК-АТЛАС**

Минск  
«СтройМедиаПроект»  
2019

**Дефекты стальных заготовок и металлопродукции :**  
справочник-атлас / [сост. В. И. Грицаенко ; под общ.  
ред. А. Н. Савенка]. — Минск : СтройМедиаПроект,  
2019. — 327 с. : ил.

УДК 669.019(035)

ББК 34

**Абонемент уч. лит. — 18 экз.**

**Чит. зал №1 — 2 экз.**

Справочник-атлас разработан на основе многолетнего (1984-2018) опыта работы Белорусского металлургического завода. Содержит уникальную информацию о типичных дефектах, возникающих на всех переделах металлургического и метизного производств.

В состав справочника-атласа включены все дефекты, когда-либо наблюдавшиеся на непрерывнолитой заготовке, непрерывнолитых блюмах, сортовом прокате, горячекатаной квадратной заготовке, машиностроительных кругах, катанке, горячекатаных трубах, продукции метизного производства, твердосплавного волочильного инструмента. Рассмотрены вероятные причины возникновения дефектов и возможные меры по их предупреждению. Кратко описаны технологические процессы основных производственных переделов завода, дан перечень основного технологического оборудования.

Справочник-атлас предназначен для инженерно-технических работников и служб контроля качества на металлургических предприятиях в качестве практического пособия при оценке возникающих дефектов на промежуточных переделах и в готовой продукции. Может представлять интерес специалистам родственных предприятий, преподавателям, студентам и аспирантам, обучающимся по металлургическим специальностям. Справочник также может быть полезен потребителям готовой продукции Белорусского металлургического завода.



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВСТУПИТЕЛЬНОЕ СЛОВО РЕДАКТОРА .....</b>	<b>3</b>
<b>НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ .....</b>	<b>14</b>
<b>ВВЕДЕНИЕ .....</b>	<b>16</b>
<b>ГЛАВА 1 КАЧЕСТВО СТАЛИ И КЛАССИФИКАЦИЯ ДЕФЕКТОВ.....</b>	<b>18</b>
1.1 Классификация дефектов.....	18
1.2 Комплексный подход к качеству металлургической продукции .....	22
<b>ГЛАВА 2 СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО .....</b>	<b>25</b>
2.1 Выплавка, внепечная обработка стали.....	26
2.2 Непрерывная разливка стали.....	26
2.3 Процессы формирования дефектов непрерывнолитой заготовки .....	30
<b>ГЛАВА 3 ДЕФЕКТЫ НЕПРЕРЫВНОЛИТОЙ ЗАГОТОВКИ СЕЧЕНИЕМ 125×125 мм, 140×140 мм, 250×300 мм, 300×400 мм, Ø200 мм.....</b>	<b>33</b>
3.1 Дефекты формы .....	33
3.1.1 Раздутие (выпуклость) .....	33
3.1.2 Вогнутость .....	34
3.1.3 Овальность .....	35
3.1.4 Продольные утяжины (ужимины) .....	36
3.1.5 Ромбичность .....	37
3.2 Дефекты поверхности .....	38
3.2.1 Неметаллические включения на поверхности.....	38
3.2.2 Завороты корки.....	39
3.2.3 Трещины продольные .....	40
3.2.4 Трещины поперечные .....	41
3.2.5 Сетчатые трещины .....	42
3.2.6 Пояс.....	43
3.2.7 Механические повреждения (риска).....	43
3.2.8 Складки .....	44
3.2.9 Поры.....	44
3.2.10 Прорыв .....	45
3.3 Внутренние дефекты.....	46
3.3.1 Центральная (осевая) пористость .....	46
3.3.2 Ликвационные полосы и трещины .....	47
3.3.3 Краевое точечное загрязнение .....	49
3.3.4 Светлая полоска (контур) .....	50
3.3.5 Осевая ликвация .....	51



3.3.6 Несимметричная транскристаллитная структура .....	52
3.3.7 Подкорковые пузыри .....	53
3.3.8 Инородные металлические включения .....	54
3.3.9 Неметаллические включения .....	55
3.4 Классификатор дефектов макроструктуры непрерывнолитого слитка (серные отпечатки по Бауману) .....	57
3.4.1 Центральная (осевая) пористость .....	57
3.4.2 Осевая ликвация (осевая химическая неоднородность) .....	58
3.4.3 Ликвационные полоски и трещины (общие, угловые, осевые) .....	60
3.4.4 Краевое точечное загрязнение .....	64
3.4.5 Светлая полоса (контур) .....	65
3.4.6 Подкорковые пузыри .....	66
<b>ГЛАВА 4 ПРОИЗВОДСТВО СОРТОВОГО ПРОКАТА .....</b>	<b>67</b>
4.1 Технологические операции и характеристики сортового стана 850 .....	67
4.2 Технологические операции и характеристики мелкосортного стана 320 .....	69
4.3 Технологические операции и характеристики проволочного стана 150 .....	71
4.4 Процессы формирования дефектов сортового проката .....	73
4.4.1 Дефекты заготовок .....	73
4.4.2 Дефекты сортовой стали и катанки .....	74
<b>ГЛАВА 5 ДЕФЕКТЫ СОРТОВОГО ПРОКАТА .....</b>	<b>76</b>
5.1 Дефекты формы .....	76
5.1.1 Ус .....	76
5.1.2 Неправильный профиль (овал) .....	77
5.1.3 Незаполнение угла при вершине .....	77
5.1.4 Плоские участки поверхности .....	78
5.1.5 Незаполненный периодический профиль .....	78
5.2 Поверхностные дефекты .....	79
5.2.1 Раскатанная трещина .....	79
5.2.2 Раскатанная сетчатая трещина .....	81
5.2.3 Раскатанный пузырь .....	83
5.2.4 Раскатанная корочка .....	85
5.2.5 Раскатанное загрязнение .....	87
5.2.6 Надрывы .....	88
5.2.7 Слиточная рванина .....	89
5.2.8 Деформационная рванина .....	90
5.2.9 Риска (царапина, задир), унаследованная с непрерывнолитой заготовки .....	91
5.2.10 Риска .....	94
5.2.11 Вмятина .....	96
5.2.12 Морщины .....	97
5.2.13 Прокатная плена .....	98
5.2.14 Слиточная плена .....	99
5.2.15 Чешуйчатость .....	100



5.2.16	Закат.....	101
5.2.17	Отпечатки .....	102
5.2.18	Раковины от окалины.....	103
5.2.19	Трещина напряжения.....	104
5.2.20	Вкатанные металлические частицы .....	105
5.2.21	Потертости.....	106
5.2.22	Пятна ржавчины .....	107
5.2.23	Вкатанная окалина.....	108
5.2.24	Поверхностная окалина несоответствующей массы или состава .....	109
5.3	Внутренние дефекты .....	110
5.3.1	Флокены .....	110
5.3.2	Структурная неоднородность .....	111
5.3.3	Остатки литой структуры .....	112
5.3.4	Ликвационные полосы .....	113
5.3.5	Инородные металлические включения .....	114
5.3.6	Осевая ликвация .....	115
5.3.7	Шлифовочные трещины .....	116
5.3.8	Расслоение .....	117
5.3.9	Неметаллические включения .....	118
5.3.11	Подусадочная ликвация.....	120
5.4	Дефекты структуры высокоуглеродистой катанки (стан 150) .....	121
5.4.1	Разнозернистая структура.....	121
5.4.2	Сорбит отпуска в поверхностном слое .....	122
5.4.3	Троостомартенситные участки .....	123
5.4.4	Повышенное содержание феррита .....	124
5.4.5	Грубопластинчатый перлит .....	124
5.4.6	Выделения цементита по границам зерен .....	125
5.4.7	Полосчатость (вторичная ликвация).....	126
5.4.8	Поверхностное обезуглероживание .....	127
<b>ГЛАВА 6 ПРОИЗВОДСТВО ГОРЯЧЕКАТАНЫХ СТАЛЬНЫХ ТРУБ.....</b>		<b>128</b>
6.1	Основные операции производства горячекатаных труб .....	128
6.2	Основной сортамент трубoproкатного цеха.....	129
6.3	Описание технологического процесса производства горячекатаных труб .....	131
6.3.1	Нагрев заготовок и прошивка труб .....	131
6.3.2	Прокатка труб на непрерывном, редуционно-растяжном станах и стане-извлекателе.....	131
6.3.3	Предварительная отделка труб .....	132
6.3.4	Финишная отделка и термообработка труб .....	133
6.4	Процессы дефектообразования в трубном переделе .....	134
<b>ГЛАВА 7 ДЕФЕКТЫ ГОРЯЧЕКАТАНЫХ СТАЛЬНЫХ ТРУБ.....</b>		<b>135</b>
7.1	Дефект формы.....	135
7.1.1	Ус .....	135



7.1.2 Ужим .....	137
7.1.3 Гармошка .....	139
7.1.4 Граненость .....	140
7.1.5 Разностенность .....	141
7.1.6 Недокат .....	142
7.2 Наружные дефекты труб, наследуемые от непрерывнолитой заготовки .....	143
7.2.1.Сталеплавильные плены по газовым и раскатанным пузырям .....	143
7.2.2 Сталеплавильные плены по горячим и раскатанным горячим трещинам .....	145
7.2.3 Сталеплавильные плены и вздутия по эндогенным неметаллическим включениям .....	146
7.2.4 Сталеплавильные плены и вздутия по экзогенным неметаллическим включениям .....	147
7.2.5 Сталеплавильные плены и расслоения по раскатанной корочке .....	149
7.2.6 Сталеплавильные плены и расслоения по осевому пережогу .....	151
7.2.7 Сталеплавильные плены по ликвационным полоскам и трещинам .....	153
7.3 Наружные дефекты труб прокатного происхождения .....	154
7.3.1 Трубопрокатная плена .....	154
7.3.2 Подрез .....	155
7.3.3 Риска .....	157
7.3.4 Морщины .....	158
7.3.5 Отпечатки .....	159
7.3.6 Механическое повреждение .....	160
7.3.7 След от вдава .....	161
7.3.8 Скворечник .....	162
7.3.9 Чешуйчатость .....	163
7.3.10 Закат .....	164
7.3.11 Рванина .....	165
7.3.12 Следы от насечки на валках .....	166
7.3.13 Отпечатки (от вкатанной окалины) .....	167
7.3.14 Инородные металлические включения .....	169
7.4 Дефекты трубопрокатного происхождения на внутренней поверхности труб .....	170
7.4.1 Трубопрокатные плены и вздутия .....	170
7.4.2 Рябизна .....	171
7.4.3 Морщины .....	172
7.4.4. Закат .....	173
7.4.5 Инородные металлические включения .....	174
7.4.6 Трубопрокатная трещина .....	175
7.4.7 Продир .....	176
7.4.8 Риска .....	178
7.4.9 След от вдава .....	179
7.5 Дефекты отделки .....	180
7.5.1 Царапина .....	180
7.5.2 Заусенец .....	181



7.5.3 Вмятина.....	182
7.6 Дефекты термообработки.....	183
7.6.1 Термическая трещина.....	183
<b>ГЛАВА 8 МЕТИЗНОЕ ПРОИЗВОДСТВО .....</b>	<b>185</b>
8.1 Производство металлокорда, проволоки РМЛ и бортовой бронзированной проволоки .....	187
8.2 Производство проволоки различного назначения и холоднодеформированной арматуры в мотках с применением механического способа удаления окалины.....	192
8.2.1 Процесс изготовления проволоки различного назначения.....	192
8.2.2 Процесс изготовления холоднодеформированной арматуры периодического профиля.....	192
8.2.3 Процесс изготовления стальной проволочной фибры.....	193
8.3 Основные группы дефектов метизного производства .....	193
8.3.1 Дефекты металлокорда, проволоки РМЛ и бортовой бронзированной проволоки .....	193
8.3.2 Дефекты холодноотянутой арматуры периодического профиля.....	194
8.3.3 Дефекты стальной проволочной фибры .....	196
8.4 Контроль дефектов метизного производства .....	196
<b>ГЛАВА 9 ДЕФЕКТЫ МЕТИЗНОЙ ПРОДУКЦИИ .....</b>	<b>200</b>
9.1 Дефекты транспортировки, хранения и подготовки катанки к волочению .....	200
9.1.1 Дефекты транспортировки и хранения катанки .....	200
9.1.1.1 Загрязнение на поверхности бунта катанки .....	200
9.1.1.2 Коррозионные пятна .....	201
9.1.1.3 Механические повреждения .....	202
9.1.2 Дефекты, возникающие на стадии подготовки поверхности катанки к волочению .....	203
9.1.2.1 Недотрав .....	203
9.1.2.2 Наличие порошкообразной буры.....	204
9.2 Дефекты холодноотянутой проволоки .....	205
9.2.1 Поверхностные дефекты, наследуемые из катанки.....	205
9.2.1.1 Поверхностный дефект в зоне раскатанного пузыря .....	205
9.2.1.2 Поверхностный дефект по раскатанному загрязнению .....	206
9.2.1.3 Вкатанные металлические частицы .....	207
9.2.1.4 Поверхностный дефект из-за инородных металлических макровключений.....	209
9.2.1.5 Закат на поверхности проволоки.....	210
9.2.1.6 Поверхностный дефект из-за химической неоднородности.....	211
9.2.1.7 Поверхностный дефект из-за механических повреждений катанки .....	212
9.2.2 Внутренние дефекты, наследуемые с катанки.....	214
9.2.2.1 Экзогенные неметаллические включения.....	214
9.2.2.2 Осевая химическая неоднородность (ликвация) .....	215
9.2.2.3 Грубодисперсный перлит .....	216



9.2.3 Поверхностные дефекты проволоки, возникающие в процессе волочения .....	217
9.2.3.1 Риска .....	217
9.2.3.2 Потертости (истирания) .....	218
9.2.3.3 Блестящая поверхность .....	219
9.2.3.4 Поверхностные дефекты, возникающие при волочении проволоки .....	220
9.2.3.5 Поверхностные трещины напряжения .....	221
9.2.3.6 Поверхностные дефекты в местах сварки .....	222
9.2.3.7 Обрыв по причине повышенных растягивающих напряжений (сужение) .....	223
9.3 Дефекты патентированной-латунированной проволоки-заготовки .....	224
9.3.1 Дефекты поверхности .....	224
9.3.1.1 Поверхностные дефекты на латунированной проволоке, наследованные от катанки .....	224
9.3.1.2 Поверхностные дефекты волочения .....	225
9.3.1.3 Риски .....	226
9.3.1.4 Язвы .....	227
9.3.1.5 Прижег от искрения .....	228
9.3.1.6 Механическое повреждение латунного покрытия .....	229
9.3.2 Дефекты покрытия .....	230
9.3.2.1 Отслоение латунного покрытия .....	230
9.3.2.2 Темные полосы и пятна .....	231
9.3.2.3 Полоса цинка .....	232
9.3.2.4 Налипание свинца .....	233
9.3.2.5 Налипание частиц оксида алюминия (песок) .....	234
9.3.2.6 Налипание латуни .....	235
9.3.2.7 Сажистое загрязнение поверхности .....	236
9.3.3 Дефекты микроструктуры патентированной проволоки-заготовки .....	237
9.3.3.1 Несоответствующая структура перлита .....	237
9.3.3.2 Наличие зернистого (глобулярного) цементита .....	238
9.3.3.3 Наличие верхнего бейнита .....	239
9.3.3.4 Наличие структурно-свободного феррита .....	240
9.3.3.5 Поверхностное обезуглероживание .....	241
9.3.3.6 Поверхностный перегрев .....	242
9.3.3.7 Перегрев с обезуглероживанием (стоялый конец) .....	243
9.4 Дефекты поверхности тонкой латунированной проволоки .....	244
9.4.1 Дефекты проволоки .....	244
9.4.1.1 Риски .....	244
9.4.1.2 Отсутствие покрытия на тонкой проволоке (серая проволока) .....	245
9.4.1.3 Загрязнение поверхности проволоки .....	246
9.4.1.4 Коррозия на проволоке .....	247
9.5 Дефекты металлокорда .....	248
9.5.1 Несоответствие геометрических параметров металлокорда .....	248
9.5.1.1 Диаметр и линейная плотность металлокорда вне допуска .....	248
9.5.1.2 Шаг свивки (оплетки) вне поля допуска .....	249





9.5.1.3	Неплотная свивка .....	250
9.5.1.4	Неравномерная свивка .....	251
9.5.1.5	Фонарь .....	252
9.5.1.6	Макроволна .....	254
9.5.1.7	Микроволна .....	255
9.5.1.8	Выход сердечника (центральной проволоки) .....	256
9.5.1.9	Инверсия .....	257
9.5.1.10	Узел .....	258
9.5.1.11	Залом .....	259
9.5.1.12	Отклонение от прямолинейности .....	260
9.5.1.13	Высокое остаточное кручение .....	261
9.5.1.14	Раскручиваемость вне допуска .....	262
9.5.1.15	Коррозия .....	262
9.5.2	Некачественная намотка металлокорда на катушке .....	263
9.6	Обрывы при волочении тонкой проволоки и свивке металлокорда .....	264
9.6.1	Обрывы по поверхностным дефектам проволоки .....	264
9.6.1.1	Обрывы по поверхностным дефектам, образовавшимся до стадии латунирования .....	264
9.6.1.2	Обрывы по поверхностным дефектам тонкого волочения .....	265
9.6.1.3	Обрывы по поверхностным включениям твердого сплава .....	266
9.6.1.4	Обрывы по поверхностным включениям мартенсита (искрение) .....	267
9.6.2	Обрывы по причине внутренних дефектов проволоки .....	268
9.6.2.1	Неметаллическое включение .....	268
9.6.2.2	Обрывы типа «осевая трещина» (конус-лунка) .....	269
9.6.3	Обрывы по причине повышенных внешних усилий .....	272
9.6.3.1	Сужение при разрушении проволок металлокорда .....	272
9.6.3.2	Обрывы проволок металлокорда при кручении .....	273
9.6.4	Прочие обрывы .....	274
9.6.4.1	Обрывы по поверхностным дефектам свивки .....	274
9.6.4.2	Обрывы по причине высокого деформационного упрочнения проволоки (расслоение) .....	275
9.6.4.3	Обрывы из-за некачественной сварки, выполненной на тонком волочении .....	276
<b>ГЛАВА 10 ПРОИЗВОДСТВО ВОЛОЧИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА .....</b>		<b>277</b>
10.1	Технология изготовления волочильного инструмента из твердых сплавов .....	277
10.2	Процессы формирования дефектов при изготовлении и эксплуатации волочильного инструмента из твердых сплавов .....	282
<b>ГЛАВА 11 ДЕФЕКТЫ ВОЛОЧИЛЬНОГО ИНСТРУМЕНТА .....</b>		<b>284</b>
11.1	Дефекты твердого сплава после спекания .....	284
11.1.1	Инородные включения .....	284
11.1.2	Кольцевые поры .....	286
11.1.3	Видимая пористость тип I .....	287



11.1.4 Единичные поры.....	288
11.1.5 Видимая пористость II (структурно-свободный углерод) .....	289
11.1.6 $\eta$ -фаза .....	290
11.1.7 Неравномерное распределение частиц $\beta$ -фазы .....	291
11.1.8 Разнозернистость $\alpha$ -фазы.....	292
11.1.2 Расслойные трещины .....	293
11.1.3 Вспучивание.....	294
11.2 Дефекты механической обработки твердого сплава .....	295
11.2.1 Раскол твердосплавной вставки .....	295
11.2.2 Поперечные трещины .....	296
11.2.3. Скол входного конуса.....	297
11.2.4. Скол выходного конуса .....	298
11.2.5 Неудовлетворительная обработка поверхности.....	299
11.2.6 Продольные трещины.....	300
11.2.7 Коррозионные пятна .....	301
11.3 Отклонение физико-механических свойств волочильного инструмента.....	302
11.3.1 Низкая плотность .....	302
11.3.2 Несоответствие величины коэрцитивной силы.....	302
11.3.3. Низкая твердость .....	303
11.4 Эксплуатационные дефекты волочильного инструмента.....	304
11.4.1 Трещины.....	304
11.4.2 Трещины продольные .....	304
11.4.3 Трещины поперечные.....	305
11.4.4 Выход части твердосплавной вставки волокни-заготовки .....	305
11.4.5 Разрушение выходного конуса .....	306
11.4.6 Раскол твердосплавной вставки .....	307
11.4.7 Полный выход твердосплавной вставки.....	308
11.4.8 Бороздки.....	309
11.4.9 Кольцо износа.....	310
11.4.10 Односторонняя выработка .....	311
11.4.11 Выкрашивание .....	312
11.4.12 Налипание латуни, окалины.....	313
11.4.13 Точечное выкрашивание твердого сплава .....	314
11.4.14 Неудовлетворительная обработка выходной распушки.....	315
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>316</b>
Список использованных источников к главам 1-3.....	316
Список использованных источников к главам 4-5.....	318
Список использованных источников к главам 6-7.....	320
Список использованных источников к главам 8-9.....	324
Список использованных источников к главам 10-11 .....	326