

Лекция

Тема «Общие положения процесса листовой штамповки, характеристика операций ЛШ и применяемых исходных материалов.

План

1. Введение
2. Технологические возможности листовой штамповки, достоинства и недостатки, перспективы развития
3. Основные операции листовой штамповки, их классификация и характеристика
4. Материалы для ЛШ, их классификация и сортамент.

ВВЕДЕНИЕ

Листовая штамповка, или штамповка листового материала, является широко распространенной и весьма прогрессивной разновидностью технологии обработки металла давлением. Используя в качестве исходной заготовки листовой материал (полосу, ленту, лист), листовой штамповкой можно изготавливать большую номенклатуру самых разнообразных плоских и пространственных деталей.

Совершенствование технологии, конструкций штампов и используемого оборудования привело к тому, что листовая штамповка применяется для изготовления деталей самых разнообразных размеров деталей: - от **долей миллиметра до нескольких метров**. Разнообразных конфигураций (от простых плоских деталей до сложного пространственного типа облицовочных деталей автомобиля, самолета или деталей приборов). Тем не менее, процесс развития листовой штамповки далеко не завершен; в настоящее время наблюдается тенденция все более интенсивного совершенствования способов штамповки, оснастки и оборудования, применяемых для штамповки.

Листовая штамповка находит применение во всех отраслях производства, связанных с изготовлением металлических и неметаллических деталей.

Особенно большое применение она находит в таких отраслях, как автомобилестроение, тракторостроение и самолетостроение, в оборонной промышленности, приборостроении, при изготовлении предметов домашнего обихода и т. д.

К числу **достоинств** листовой штамповки, обеспечивающих все возрастающее ее применение в промышленности, можно отнести следующие:

1. Возможность изготовления деталей с минимальной металлоемкостью, которую нельзя получить другими способами металлообработки.

2. Высокую точность штампуемых деталей, обеспечивающую их взаимозаменяемость.

3. Хорошее качество поверхности отштампованных деталей (в условиях холодной штамповки), что наряду с их точностью позволяет полностью исключить или свести к минимуму обработку резанием.

4. Сравнительно высокую производительность труда даже при ручной подаче заготовок.

5. Сравнительную простоту механизации и автоматизации процессов листовой штамповки.

6. Приспособляемость к масштабам производства.

7. Относительно небольшой отход металла.

8. Возможность получения различных и оптимальных механических свойств в разных участках деталей, получаемых штамповкой.

Некоторые из отмеченных достоинств листовой штамповки связаны с тем, что формоизменение заготовки осуществляется путем ее пластического деформирования, причем одновременному деформированию подвергается значительная часть заготовки. Холодная штамповка, характеризующаяся деформированием заготовки без предварительного нагрева, обычно сопровождается **упрочнением** металла, качество поверхности при этом, как правило, не ухудшается, а может даже улучшиться по сравнению с качеством поверхности исходной листовой заготовки.

Изменение механических, а иногда и **физико-химических** свойств металла в процессе его пластического деформирования открывает дополнительные возможности (сверх технологических и конструктивных возможностей листовой штамповки) создания максимально облегченных конструкций при заданной их прочности и жесткости.

Совершенствование технологии, конструкций штампов и используемого оборудования приводит к все большему использованию листовой штамповки. Тем не менее, процесс развития листовой штамповки далеко не завершен; в настоящее время наблюдается тенденция все более интенсивного совершенствования способов штамповки, оснастки и оборудования, применяемых для штамповки.

Создаются совершенно новые способы штамповки, например взрывная, электрогидравлическая, магнитноимпульсная, лазерная обработка (вырубка пробивка вырезка) и др.; коренным образом **изменяются** обычные способы штамповки введением, например, дифференцированного нагрева заготовки; создаются машины, открывающие новые технологические возможности, например, для давящих работ с утонением заготовки и т. п.

В этих условиях особенно **актуальной** становится задача разработки научных основ построения рациональных технологических процессов, дающих минимальные трудоемкость и себестоимость изготовления заданных деталей при наилучшем их качестве.

Технологические процессы листовой штамповки можно разделить на операции, поочередное применение которых позволяет придать исходной плоской заготовке форму и размеры детали, заданной к изготовлению.

В основу деления технологических процессов листовой штамповки на операции можно положить такие **признаки**, 1) как характер формоизменения, 2) схема напряженного состояния и 3) назначение операции.

Каждая из операций листовой штамповки имеет определенную, характерную для данной операции схему напряженного состояния в

участке, получающем пластическую деформацию, и присущее этой операции изменение размеров заготовки. *Иногда, как будет показано ниже, оказывается удобным кроме указанных двух признаков характеризовать операции еще и по назначению.*

Все операции листовой штамповки можно разбить на следующие основные группы: **1) разделительные, 2) формоизменяющие, 3) комбинированные и 4) штампосборочные**

К разделительным операциям, связанным с отделением одной части материала от другой по замкнутому или незамкнутому контуру относят: *отрезка, вырубка, пробивка, надрезка, разрезка, обрезка, зачистка, чистовая вырубка, просечка*

К формоизменяющим операциям в процессе которых плоская или полая заготовка превращается в пространственную деталь требуемой формы без изменения толщины материала, относятся: *гибка, вытяжка, правка, формовка, отбортовка, обжим, раздача,*

Комбинированные операции, представляют собой совмещение нескольких технологических операций в одной, например, *вырубка и вытяжка, вытяжка и рельефная формовка.*

В зависимости от способа совмещения операций комбинированную штамповку разделяют на **совмещенную, последовательную и последовательно совмещенную.**

При совмещенной штамповке деталь получается за один ход пресса и за одну установку заготовки в штампе. При последовательной штамповке деталь получается из заготовки отдельными пуансонами за несколько ходов пресса при перемещении ее вдоль штампа.

К штампо-сборочным операциям, которые предназначены для соединения нескольких деталей в одно изделие (узел), относятся: запрессовка, клепка, закатка, вальцовка, холодная пластическая сварка.

Кроме перечисленных операций в листовой штамповке применяют: *заготовительные, жестяно-медницкие, давяльно-накатные и отделочные операции.*

При выполнении разделительных операций деформирование заготовки происходит вплоть **до разрушения**. Для успешного выполнения этих операций стремятся к максимальной **локализации** зоны, в которой имеют место пластические деформации. При выполнении формоизменяющих операций не должно происходить разрушения заготовки. При этом обычно стремятся к созданию условий, при которых может быть получено наибольшее формоизменение заготовки без ее разрушения.

Если в разделительных операциях стремятся к максимальной локализации очага пластической деформации, то в формоизменяющих операциях стремятся избежать ее. Заметим, что **очагом пластической деформации** называется та часть заготовки, пластическая деформация которой обеспечивает формоизменение, характерное для той или иной операции листовой штамповки.

В классическом виде операции листовой штамповки осуществляются действием на заготовку двух рабочих инструментов — **пуансона и матрицы**. **Пуансоном** называется инструмент, охватываемый заготовкой в процессе деформирования, а **матрицей** — инструмент, охватывающий заготовку в процессе ее деформирования.

Степень локализации очага пластической деформации зависит от размерных характеристик инструмента, в частности, от величины зазора между матрицей и пуансоном и от радиусов скругления рабочих кромок пуансона и матрицы. Чем меньше зазор и радиусы скругления рабочих кромок инструмента, тем (более подробно об этом будет сказано ниже) больше локализуется очаг пластической деформации около рабочих кромок пуансона и матрицы.

В разделительных операциях зазор между пуансоном и матрицей обычно составляет десятые или даже сотые доли от толщины заготовки.

Обычно в формоизменяющих операциях кромки пуансона и матрицы скруглены радиусами, значительно большими толщины заготовки; зазор принимается немного большим толщины заготовки.

Дадим краткую характеристику основных разделительных и формоизменяющих операций листовой штамповки. Из разделительных операций отметим следующие:

Отрезка — полное отделение части заготовки по незамкнутому контуру.

Вырубка — отделение части заготовки по замкнутому контуру в штампе, причем отделенная, смещенная в матрицу часть заготовки является деталью или полуфабрикатом для последующей штамповки, механической или иной обработки.

Пробивка — отделение части заготовки по замкнутому контуру в штампе, причем отделенная, смещенная в матрицу часть заготовки является отходом (получение отверстий).

Надрезка — отделение части заготовки по незамкнутому контуру без нарушения связи разделяемых частей заготовки по другим участкам контура.

Обрезка — отделение краевой части (припуска) полуфабриката, полученного формоизменяющими операциями.

Зачистка — отделение припуска со снятием стружки на боковых поверхностях полуфабриката, полученного вырубкой или пробивкой отверстия.

Во **всех разделительных** операциях, за исключением зачистки, очаг пластической деформации охватывает **всю толщину** заготовки и имеет ограниченную, по возможности минимальную протяженность в плоскости заготовки (в направлении, перпендикулярном к поверхности раздела).

В зачистных операциях очаг деформации еще более локализован вблизи режущей кромки и охватывает лишь долю толщины заготовки; удаление припуска осуществляется срезанием стружки, аналогично тому, как это имеет место при обработке резанием.

Из формоизменяющих операций отметим следующие:

Гибка — изменение кривизны срединной поверхности заготовки без существенного изменения ее линейных размеров. *Очаг деформации* охватывает всю толщину заготовки и имеет значительную протяженность в поперечных направлениях, причем поле напряжений и деформаций переменное по толщине заготовки.

Вытяжка без утонения стенки — превращение плоской заготовки в полое изделие или увеличение высоты полого полуфабриката путем протягивания через матрицу с уменьшением поперечных размеров заготовки, но без принудительного ее утонения. *Очаг пластической деформации* охватывает периферийные участки заготовки (фланец), *схема* напряженного состояния в очаге деформации близка к плоской разноименной с меридиональными растягивающими напряжениями.

Вытяжка с утонением стенки — увеличение высоты полого полуфабриката за счет уменьшения толщины его стенки. *Очаг деформации* обычно охватывает часть заготовки, которая находится в зазоре между пуансоном и матрицей и одновременно контактирует с поверхностями пуансона и матрицы.

Схема напряженного состояния в очаге деформации объемная разноименная с меридиональными растягивающими напряжениями.

Обжим — уменьшение поперечного сечения краевой части полого полуфабриката путем заталкивания его в сужающуюся рабочую полость матрицы. *Очаг деформации* контактирует только с рабочей полостью матрицы, а *схема* напряженного состояния близка к плоской одноименной схеме сжатия.

Отбортовка — образование горловин путем вдавливания в матрицу части заготовки, противостоящей отверстию матрицы, с одновременным увеличением периметра отверстия, предварительно пробитого в этой части заготовки. *Очаг деформации* охватывает часть заготовки, находящуюся напротив отверстия матрицы, а *схема* напряженного состояния в нем близка к плоской одноименной схеме растяжения.

Раздача — увеличение поперечных размеров краевой части полого полуфабриката путем внедрения в него пуансона с постепенно увеличивающимися размерами поперечного сечения. *Очаг деформации* контактирует только с рабочей поверхностью пуансона, а *схема* напряженного состояния близка к плоской разноименной, с меридиональными сжимающими напряжениями при опоре заготовки на торец.

Формовка — образование местных выпуклостей за счет уменьшения толщины заготовки при неизменных ее наружных размерах.

Очаг деформации обычно охватывает часть заготовки, расположенную напротив отверстия матрицы, а *схема* напряженного состояния близка к плоской одноименной схеме растяжения.

Во всех операциях листовой штамповки поле напряжений и деформаций неоднородно, т. е. напряжения в очаге деформации являются функцией координат в каждый момент деформирования, кроме того, они могут изменяться во времени по мере деформирования заготовки.

Величина и распределение напряжений в очаге деформации зависят от

многих факторов, связанных с размерными характеристиками инструмента, с контактными условиями деформирования температурно-скоростными условиями деформирования и т.п.

Материалы листовой штамповки, сортамент

Листовой штамповкой изготавливают изделия из металлов (в виде листового и сортового проката) и неметаллических материалов.

Металлы, применяемые в штамповочном производстве можно разбить на две большие группы: **черные** прокатные металлы- прокатная сталь с различным содержанием углерода и других элементов, **цветные** прокатные металлы и сплавы.

В машиностроении наиболее широко применяют стальной листовой и сортовой прокат и прокат из различного рода цветных металлов: алюминия, меди, магния, титана и их сплавов. *Менее широко* применяют слоистые и волоконистые пластики (текстолит, гетинакс и др.) и пластмассы гомогенной структуры (оргстекло, полистирол и др.). Однако в автомобилестроении и некоторых других отраслях машиностроения объем выпуска штампованных деталей из пластмасс непрерывно возрастает, что позволяет снизить массу и металлоемкость выпускаемой продукции.

Характеристики листового проката регламентируются стандартами на ***технические условия (ТУ), химический состав и сортамент***.

Листовой прокат выпускается в виде ***листов, ленты и рулонов***. В зависимости от способа производства он подразделяется на ***горячекатаный*** и ***холоднокатаный***. ***Холоднокатаный прокат*** (толщина которого не превышает 4 мм) по сравнению с горячекатаным имеет меньшую шероховатость поверхности, разнотолщинность и более высокие технологические свойства. Он широко применяется для изготовления холодноштампованных деталей. Из горячекатаного проката методами листовой штамповки изготавливают преимущественно различные неглубокие и плоские детали.

В машиностроении основную массу холодноштампованных деталей (в том числе автокузовные детали) изготавливают из тонколистовых углеродистых качественных и низколегированных листовых сталей (табл. 1).

Кроме листового проката, указанного в табл. 1, в России освоен выпуск низколегированных холоднокатаных *сталей повышенной прочности*. К их числу относятся стали, легированные марганцем (до 1,1 %) и кремнием (до 0,6 %) с микродобавками титана и ванадия. Стали этой группы (08ГСЮТ, 08ГСЮФ, 07ГСЮФ) имеют *предел текучести до 300 МПа, временное сопротивление до 410 МПа* и относительное удлинение *до 30—34 %*. Стали указанных марок выпускаются толщиной 0,7-2,5 мм, поставляются по ТУ 14-1-3764—84, в основном их применяют в автомобилестроении и других отраслях машиностроения.

1. Основные виды листовой стали

Сталь (прокат)	ГОСТ на:		Марка стали
	технические условия	химический состав	
Углеродистая обыкновенного качества $s=0,5\div4,0$ мм	380—2005	380—2005	Ст0—Ст6
Листовая углеродистая качественная (констр-я) и обыкновенного качества общего назначения $s = 0,2\div3,9$ мм	16523—97	1050—2013 380—2005	05кп—50 Ст0—Ст5
Прокат тонколистовой из конструкционной низколегированной стали $s = 0,5\div3,9$ мм	17066—94	17066—94 19282—73	14Г2, 09Г2, 12ГС, 16ГС, 15ГФ, 14ХГС и др.
Прокат тонколистовой холоднокатаный из малоуглеродистой качественной стали для холодной штамповки $s=0,5\div3,0$ мм	9045—93	9045—93	08Ю, 08пс, 08кп
Листовая легированная конструкционная общего назначения $s=0,5\div3,9$ мм	4543—2016	1050—2013 4543—2016	60Г, 20Х, 10Г2, 25ХГСА и др.
Тонколистовая коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная $s = 0,7\div3,9$ мм	5582—2015	5632—2014	08Х13, 12Х13, 12Х17, 12Х18Н9Т и др.

1

В последнее время освоен выпуск холоднокатаной двухфазной стали с ферритно-мартенситной структурой (ДФМС), содержащей до 20—25 % твердой фазы мартенсита в пластической ферритной матрице. Повышенной прочности этих сталей добиваются легированием марганца (до 1,6 %) и кремнием (до 0,7 %) в сочетании с термической обработкой в специальных агрегатах непрерывного отжига. У двухфазных сталей низкое отношение предела текучести σ_s к временному сопротивлению σ_b ($\sigma_s/\sigma_b=0,6\div0,65$), высокий показатель деформационного упрочнения n и нормальной анизотропии R^* ($n = 0,21\div0,25$ и $R^*=1,1\div1,6$), широкий диапазон изменения временного сопротивления ($\sigma_b=400\div550$ МПа), что свидетельствует о пригодности их для изготовления холодноштампованных деталей сложной формы. Кроме того, при штамповке этих сталей происходит повышение прочности. Так, например, если у исходной двухфазной стали $\sigma_T=280$ МПа и $\sigma_b=550$ МПа, то после холодной пластической деформации на 25 % $\sigma_T\geq650$ МПа и $\sigma_b\geq800$ МПа.

ДФМС поставляются по ТУ 14-1-3817—84 в виде листов, рулонов и ленты толщиной 0,7—2,0 мм. В основном применяют двухфазные стали следующих марок: ОЗСПЮ, ОЗХГЮ, 06ХГСЮ, 06Г2СЮ и др.

Применение листового проката повышенной прочности и ДФМС позволяет снизить массу ряда машин, в том числе грузовых и легковых автомобилей, в среднем на 10—20 % вследствие уменьшения толщины кузовных облицовочных и других деталей сложной формы.

К числу преимуществ низколегированных сталей следует отнести также то, что они мало подвержены деформационному старению, что весьма важно при длительном их хранении на складе или в цехе.

Здесь необходимо пояснить: при длительном лежании холоднокатаных листов имеет место явление естественного старения, которое приводит к изменению физико-механических свойств стали, т.е. к образованию линий сдвигов или полос скольжения (в виде лучей и извилин) на поверхности деталей при вытяжке их, что с декоративной стороны недопустимо. Для устранения вредного влияния последствий естественного старения тонколистовую сталь перед штамповкой подвергают дрессировке, подкатке в холодном состоянии с относительным обжатию 0,5 – 1,5%. При этом интервал времени между операциями должен быть не более 24 ч. Подкатка осуществляется при помощи вальцовочной машины с особым подъемным валиком, установленной рядом с вытяжным прессом. Благодаря образовавшемуся вследствие этого в поверхностных слоях металла наклепу, явно выраженная площадка текучести, появляющаяся на диаграмме при испытании образцов на растяжение, выравнивается (исчезает) и линии сдвигов не возникают. Однако подкатка не гарантирует полностью избежать явления естественного старения металла.

Поэтому для холодной штамповки глубоких и сложных по вытяжке деталей типа автомобильных кузовов, радиаторов, оперения автомобиля применяют тонколистовую холоднокатаную малоуглеродистую качественную (нестареющую) сталь, поставляемую по ГОСТ 9045-80. Согласно этому ГОСТу выпускается сталь следующих марок: 08КП, 08ПС, 08ФКП, 08Ю. Содержание углерода в этих сталях не превышает 0,08%, серы не более 0,03%, фосфора не более 0,02%. Нестарение этих сталей достигается раскислением (удалением кислорода) в процессе выплавки: сталь 08ФКП раскисляется присадкой ванадия (0,02-0,04% V, сталь 08Ю раскисляется алюминием (0,02-0,075 Al).

Листы указанных марок сталей поставляются после рекристаллизационного отжига и дрессировки.

По степени способности к вытяжке сталь подразделяется на три категории: ВГ – весьма глубокой вытяжки; СВ – сложной вытяжки и ОСВ – особо сложной вытяжки.

Техническими требованиями к этой стали регламентируется:

$$\sigma_{\tau} = 200 + 210Mn\%; \sigma_B = 260 + 340Mn\%; \delta_{10} = 42 + 44\%;$$

$$\sigma_{\tau} / \sigma_B = 0.66 + 0.70; HRB30/100..45 - 48.$$

Сталь поставляется в листах и рулонах толщиной 0,5-3,0 мм.

По степени отделки поверхности сталь подразделяется на три группы: I, II, III – особо высокая, высокая, повышенная.

Сталь по ГОСТ 9045-80 имеет высокие пластические свойства (глубина выдавливания сферической лунки по Эриксену 11,2 мм при $S=1,0$ мм), при штамповке не склонна к появлению полос скольжения и деформационному старению. Поэтому эта сталь успешно применяется при весьма глубокой и сложной по форме вытяжке деталей.

При глубокой вытяжке деталей типа гильз применяется нестареющая сталь марок 18 ЮА и 11ЮА.

Широкое применение в листовой штамповке получил также материал в виде **ленты** (рулонный материал). Ленты изготавливаются как из углеродистой стали обыкновенного качества по ГОСТ 16523-70, так и из качественной стали по ГОСТ 1050-74 и ГОСТ 16523-70. Лента стальная низкоуглеродистая холоднокатаная классифицируется:

- I. По механическим своим свойствам по ГОСТ 503-81 на следующие группы (по степени твердости): 1.ОМ-особо мягкая, 2. М-мягкая, 3. ПМ-полумягкая, 4. ПТ-пониженной твердости, 5. Т-твердая.
- II. По качеству поверхности лента подразделяется на три класса I, II, III.
- III. По точности изготовления - лента нормальной точности Н, повышенной точности по ширине ВШ, по толщине ВТ, по ширине и толщине В.
- IV. По характеру кромок – лента необрезная НО, обрезная О.

Размеры ленты по ширине составляют 4-300 мм, а по толщине – 0,05-3,60 мм. Эта лента предназначена для штамповки деталей в машино и приборостроении, для изготовления труб и других металлических изделий широкого потребления.

Рулон Лента стальная холоднокатаная из углеродистой качественной конструкционной стали выпускается по сортаменту согласно ГОСТ 8597-57 под наименованием – сталь рулонная холоднокатаная (Рх). Лента изготавливается шириной 200-2300 мм и толщиной 0,2-4,0 мм. Она бывает повышенной точности прокатки А и нормальной точности Б. Эта лента (рулоны) применяется для штамповки ответственных деталей в авто- и

Легированные стали (хромистые и хромоникелевые коррозионно-стойкие) имеют вполне удовлетворительную штампуемость в отожженном состоянии, так как характеризуются высоким относительным удлинением и благоприятным для штамповки отношением σ_T/σ_B (сталь 12Х18Н9Т — $\sigma_B=550$ МПа, $\sigma_T=200$ МПа, $\delta=40\%$).

Отличительная особенность коррозионно-стойких сталей по сравнению с низкоуглеродистыми — высокое сопротивление деформированию и интенсивное упрочнение в процессе холодной штамповки. Коррозионно-стойкие стали применяют в турбостроении, химическом машиностроении, из них изготавливают предметы народного потребления (стиральные машины, посуду) и др.

Для отдельных отраслей промышленности изготавливают стальной листовой прокат специального назначения. К этому виду относят прокат из низкоуглеродистой отожженной и протравленной (декапированной) стали для производства эмалированной посуды (ГОСТ 24244—80). Прокат из тонкой отожженной

углеродистой стали: желье черная (ГОСТ 13345—85) для изготовления цельноштампованной и сборной тары и многие другие.

В сельскохозяйственном машиностроении применяют трехслойный листовой коррозионностойкий прокат, плакированный с двух сторон тонким слоем стали 12Х18Н10 (ТУ 14-1-3048—81) толщиной 0,1—0,15 мм. Коррозионная стойкость трехслойного металла в 4—5 раз выше углеродистой стали Ст3 и атмосферостойкой стали 10ХНДП. При этом срок службы сельскохозяйственных машин увеличивается до 10 лет.

Листовой прокат из цветных металлов и сплавов на их основе обладает высокой коррозионной стойкостью, теплопроводностью, малым электрическим сопротивлением (медь, латунь, алюминий), малой плотностью (алюминий и его сплавы, титановые и магниевые сплавы) и высокой удельной прочностью (титан). В связи с этим область их применения чрезвычайно обширна.

Листовой прокат из алюминия и алюминиевых сплавов (ГОСТ 21613—82) марок А2, А3, АМц, АМг2, АМгц6, Д1, Д16, В95, ВАД23 и др.;

меди (ГОСТ 495—77) марок М1, М2, М3 и др.;

латуни (ГОСТ 931—78) марок Л68, Л63, ЛС59-1 и др.;

никеля и никелевых сплавов (ГОСТ 19241—80) марок НКО, НМг, НВ3 и др.;

магниевых сплавов (ГОСТ 22653—77) марок МА1, МА5, МА8 и др.;

титановых сплавов (ГОСТ 19807—74) марок ВТ1, ВТ3-1, ВТ6-С, ВТ8, ВТ9, ВТ10, ВТ14, ОТЧ-1 и др. широко применяется в авиационной, приборостроительной, электротехнической, электронной и многих других отраслях промышленности, а также для изготовления товаров народного потребления (посуды, часов, радиоаппаратуры, стиральных машин и пр.).

Из дуралюмина и других алюминиевых сплавов изготавливают детали наружных обшивок и каркасов летательных аппаратов, что объясняется относительно небольшой плотностью алюминия (2700 кг/м^3) и высокой прочностью его сплавов.

Магниевые и титановые сплавы применяются, в основном, в производстве летательных аппаратов. Однако можно ожидать, что в ближайшем будущем, когда стоимость этих сплавов (особенно титановых) снизится, область применения их будет значительно расширена.

Сортамент стального листового проката. Размеры листового проката (толщина, ширина, длина) и предельные отклонения этих размеров регламентированы стандартами.

Листы из горячекатаной стали (ГОСТ 19903—74) изготавливают толщиной 0,4—12 мм. Листы толщиной до 4 мм имеют ширину 500—1600 мм, длину 710—6000 мм (всего 210 типоразмеров). Ширина стальных листов толщиной до 3,9 мм, поставляемых в рулонах, изменяется 500—1700 мм, при толщине листа до 10 мм— 500—2200 мм.

Предельные отклонения по толщине листа нормальной точности составляют: $\pm 0,05 \div \pm 0,07$ мм при толщине листа 0,4—0,5 мм и $+0,2 \div -0,8$ мм при толщине листа 10—12 мм.

Листы из холоднокатаной стали (ГОСТ 19904—74) изготавливают толщиной 0,35—5,0 мм. В зависимости от толщины листа они имеют ширину 500—2300 мм и длину 1000—6000 мм (всего ГОСТом предусмотрено 372 типоразмера). Ширина стальных листов, поставляемых в рулонах, составляет 500—2300 мм. Предельные отклонения по толщине листов нормальной точности составляют: $\pm 0,4$ — $\pm 0,5$ мм при толщине листа 0,35—0,4 мм и от $\pm 0,20$ до $\pm 0,30$ мм при толщине листа 4,0—5,0 мм.

Кроме листов и рулонов сталь выпускают в виде горячекатаной и холоднокатаной ленты. Лента горячекатаная (ГОСТ 1530—78) имеет толщину 2—8 мм, ширину 100—600 мм, изготавливается из стали 08—60 по ГОСТ 1050—74, 08Ю по ГОСТ 9045—80 и др. Лента холоднокатаная из низкоуглеродистой стали (ГОСТ 503—81) имеет толщину 0,05—4,0 мм, ширину 4—450 мм, изготавливается из стали 08кп, 08пс, 08, 10кп, 10 по ГОСТ 16523—70. Лента холоднокатаная резаная из углеродистой стали для холодной штамповки (ГОСТ 19851—74) имеет толщину 0,5—3,2 мм, ширину 100—200 мм, изготавливается из стали 08кп, 08пс, 08. Лента холоднокатаная из коррозионно-стойкой и жаростойкой стали (ГОСТ 4986—79) имеет толщину 0,05—2,0 мм, ширину 6—410 мм, изготавливается из хромоникелевых легированных сталей 20X13, 30X13 ... 12X18N9 и др. (всего 21 марка).

Применение стальных листов, поставляемых в рулонах (широкий рулон), и стальной ленты позволяет в массовом и крупносерийном производстве автоматизировать подачу металла в штамп, повысить эффективность использования металла за счет уменьшения концевых отходов и перемычек. Получать на раскройных автоматических линиях требуемые, в конкретных производственных условиях, заготовки и ленты, отличающиеся по своим размерам от предусмотренных стандартом.

Сталь прокатная широкополосная универсальная (ГОСТ 82—70) изготавливается толщиной 6—60 мм, шириной 200—1050 мм, длиной 5—12 м. Предельные отклонения по толщине для полос толщиной до 20 мм вкл. составляют $\begin{smallmatrix} +0,3 \\ -0,5 \end{smallmatrix}$ мм, по ширине для полос шириной до 400 мм вкл. $\begin{smallmatrix} +2,0 \\ -2,5 \end{smallmatrix}$ мм, по длине для полос толщиной до 12 мм вкл. +15 мм. Местная ребровая кривизна на 1 м длины полосы не должна превышать 1 мм для класса А, 2 мм для класса Б. Для продукции с государственным Знаком качества предельные отклонения меньше указанных (см. ГОСТ 82—70).