

0908861



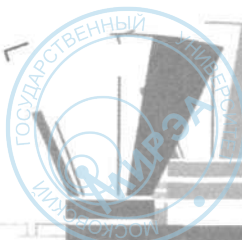
МИРЭА



МАРТИН БИХЛЕР



МИРЭА



Demag **plastservice**



МИРЭА

Детали из пластмасс -
отливать без деформатор

ISSN 0942-6361
ISBN 3-7785-3007-0

Использование текста, в том числе частично, без разрешения издательства, является нарушением авторских прав и наказуемо. В особенности это касается размножения, перевода и применения в электронных системах.

Предисловие

Эта книга для практиков поможет избежать возникновения дефектов при литье под давлением пластмассовых изделий. Её систематизированная структура облегчает анализ возникающих дефектов и содействует пониманию причин их возникновения. И то, и другое является основанием для описания последовательности действий при устранении проблемы.

Для наиболее широко используемых пластмасс приведены рекомендации по температурам переработки, скорости вращения шнека, перемещению шнека, остаточной подушке массы, противодавлению, скорости впрыска, давлению впрыска и выдержке под давлением. Так как многие дефекты отливок обусловлены ошибками при установке режимов пластикации и впрыска, соблюдение указаний по этим процессам уже исключает большинство дефектов. Остальные дефекты можно устранить с помощью систематической последовательности мероприятий, направленных на устранение причин возникновения дефекта. Компактное обобщение всех рекомендаций завершает книгу.

Мартин Бихлер
Швайг, апрель 1999 г.

Оглавление

Предисловие.....	5
Глава 1. Параметры машин, технологические параметры и конструктивные особенности.....	9
Систематический анализ влияющих параметров.....	10
Глава 2. Свойства различных пластмасс и рекомендации по их переработке.....	19
Полиэтилен ПЭНД (высокой плотности).....	20
Полипропилен ПП.....	22
Полистирол ПС.....	24
Пластифицированный поливинилхлорид ПВХ-П.....	26
Непластифицированный поливинилхлорид ПВХ-Т.....	28
Полиамид 6.....	30
Полиамид 66.....	33
Полибутилентерефталат ПБТ.....	36
Полиэтилентерефталат ПЭТ.....	38
Поликарбонат ПК.....	40
Сополимер акрилонитрил-бутадиен-стирол АБС.....	42
Смесь акрилонитрил-бутадиен- стирол/поликарбонат АБС/ПК.....	44
Сополимер стирол-акрилонитрил САН.....	46
Полиметилметакрилат ПММА.....	48
Полиоксиметилен ПОМ.....	50
Ацетат целлюлозы АЦ.....	53
Полифениленоксид ПФО.....	55
Глава 3. Обнаружение, причины и устранение дефектов отливок.....	57
Матовые места в зоне литника.....	58
Матовые места в зоне резкого изгиба потока.....	60

Отличия в глянце на текстурированных поверхностях.....	62
Усадочные раковины.....	64
Газовые пузырьки.....	68
Нерасплавленный гранулят.....	70
Серые или черные вуали.....	72
Серые или черные вуали в зоне литника.....	75
Дизельный эффект в отдалении от литника.....	78
Образование свободной струи.....	80
Холодная пробка.....	82
Эффект грампластинки.....	84
Линия спая.....	86
Свилы из-за влаги.....	89
Свилы краски.....	92
Свилы от пригара.....	94
Свилы из-за стекловолокна.....	96
Облой.....	98
Места с утяжками.....	100
Недоливы.....	103
Деформация (коробление).....	104
Отпечатки от выталкивателя.....	105
Глава 4.	
Приложение.....	107

Глава 1

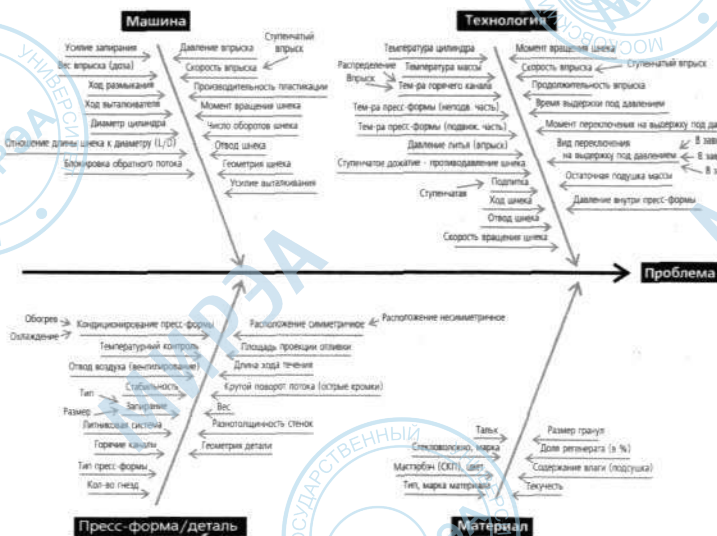
Параметры машины,
технологические параметры и
конструктивные особенности

Систематический анализ влияющих параметров

Принимая во внимание множество параметров, влияющих на изготовление отливок, операторы, сталкиваясь с дефектами на отлитых изделиях, часто затрудняются с выбором правильного средства для их устранения. Действия, произведенные наугад, и одиночные меры редко приводят к успеху. Основными предпосылками для систематического определения, анализа причин и устранения дефектов отливок являются оптимальная конструкция пресс-формы, а также правильная настройка машины и установка технологических параметров литья.

При устранении дефектов самую большую помощь оказывает методичный, систематический подход к решению проблем. Важно не лечить симптомы, а найти действительную причину.

Проблема, встречающаяся в процессе литья под давлением, или дефект на отливке могут быть вызваны многочисленными причинами, зависящими от машины, пресс-формы, материала и технологии. Установив действительную причину дефекта, необходимо также по возможности точно установить время его возникновения.



Дефекты отливок при литье под давлением могут быть вызваны многочисленными причинами.

Проявление дефекта	Причина дефекта									
	Процесс						Пресс-форма			
	Пластикация	Впрыск	Давление выдержки	Усилие запаривания	Открытие пресс-формы	Извлечение из формы	Литник	Стабильность	Температура	Отвод воздуха
Видимые дефекты:										
Свилы от пригара	X	X					X			
Свилы от влаги										
Свилы краски (пигмента)	X	X								
Свилы от стекловолкна	X	X					X			
Утяжки			X				X			
Различия в блеске, блеск	X	X	X				X			X
Линии спая	X	X	X	X			X			X
Образование свободной струи		X					X			
Пригары, дизельный эффект	X	X					X			X
Видимые отпечатки выталкивателя			X			X	X			
Эффект грампластинки		X					X		X	
Темные точки	X									
Матовые места около литника	X	X					X			
Отслаивание поверхностного слоя, расслаивание	X									
Холодная пробка, линии холодного течения	X	X					X			
Серые/черные вуали	X									
Отклонения в размерах										
Недоливы	X	X	X				X			X
Облой (наплывы, перепонки)	X	X	X	X				X		
Деформация при извлечении из формы	X	X	X			X	X			
Деформация отливки, коробления	X	X	X		X	X			X	
Разброс размеров у отливки	X	X	X	X			X	X		
Неудовлетворительные механические свойства										
Трещины от внутренних напряжений, белый излом	X	X	X							
Включения воздуха, образование пузырьков	X	X					X			
Усадочные раковины			X				X			
Термическое разложение материала	X	X					X			
Нерасплавленный гранулят в отливке	X									

Среди дефектов, обусловленных процессом и пресс-формой, преобладают те, причиной появления которых являются отклонения при пластикации и впрыске, а также плохая конструкция литниковой системы.

Если сопоставить возникающие дефекты с возможными причинами их возникновения, то легко обнаружить, что один и тот же дефект может быть вызван многими причинами, которые, могут быть обусловлены пресс-формой, процессом или тем и другим сразу. Поэтому не редкость, что единичное действие не способно ликвидировать дефекты в тех случаях, когда необходимо скоординированное взаимодействие многих корректирующих мероприятий в нескольких фазах процесса. Источниками большинства технологических дефектов являются процессы пластфикации и впрыска, в то время как для дефектов, связанных с пресс-формой, прежде всего имеет значение оформление литника. Вот почему систематический анализ дефекта в отливке нужно начинать с проверки конструкции пресс-формы и основных технологических параметров процесса.

Дефекты, обусловленные пресс-формой, часто могут быть предотвращены

Наряду с выбранными технологическими параметрами причинами дефектов в готовой отливке могут быть число гнезд в пресс-форме, неправильное оформление горячего или холодного канала, вид, положение и размер литниковой системы, а также геометрическая форма отливки. Эти конструктивные дефекты нужно предотвратить по возможности на самой ранней стадии изготовления пресс-формы.

Часто при опробовании на образцах новой пресс-формы литейщики готовы к компромиссу по отношению к ее качеству, надеясь избежать доработки, требующей затрат времени и средств. В большинстве случаев для такого компромисса достаточно использовать настройку термопластавтомата, обеспечивающую специфический, а не оптимальный процесс. Другими словами, операторы делают попытку компенсировать недостатки конструкции пресс-формы недопустимыми технологическими параметрами. Производство при таких условиях никак не назовешь нормальным, у него слишком малое окно переработки и вообще оно оказывается часто более дорогостоящим, чем при применении оптимизированной пресс-форме.

Необходимо так оптимизировать процесс и пресс-форму на стадии опробования на образцах, чтобы даже при мелких изменениях в материале, машине или окружающих условиях, то есть в пределах так называемого "окна переработки", качество отливок оставалось высоким.

Фронтальный поток - принцип заполнения формы

Работу по обеспечению наиболее подходящего окна переработки полезно начать с рассмотрения наиболее важных технологических параметров процесса, и первое, на что нужно обратить внимание, это принцип заполнения формы. Он является ключевым процессом, который может отвечать за возникновения множества дефектов отливок, поэтому рассмотрение этой операции является начальным при анализе многих этапов технологического процесса. В основе процесса заполнения формы

лежит принцип фронтального потока: неизменно отправляясь от литника, расплав свободно растекается в полости и соприкасается с ближайшей поверхностью пресс-формы, где и застывает около ее стенки. При этом сердцевина отливки остается пока еще пластичной. Расплавленный полимер будет продолжать течь через нее до тех пор, пока вся полость пресс-формы не будет заполнена. Это означает, что до тех пор, пока прессформа не заполнится, фронт расплава будет продолжать вытекать из ее пластичной сердцевины и застывать у стенки.

Принцип фронтального потока и распределение расплава можно очень ярко продемонстрировать на примере отливки, изготавливаемой методом коинжекции, когда сначала впрыскивается белый, затем черный и снова белый компоненты один за другим. Легко заметить, что области, находящиеся у стенок около литника, заполняются и затвердевают первыми, в то время как выдержка под давлением, или подпитка, обеспечивают поступление расплава внутрь отливки до самого окончания цикла. Этот продолжающийся поступать в прессформу расплав не сдвигает пограничные слои, а продолжает проходить через пластичную внутреннюю часть отливки до тех пор, пока деталь не затвердеет по всему объему.



Чаша должна иметь сердцевину из черного материала, а поверхность из белого: Сначала заливается белый расплав (внизу), затем впрыскивается черный материал (в центре) и в заключение литниковая система заполняется белым материалом остальной поверхности. Расплав, который прилегает к стенкам пресс-формы, застывает; а сердцевина отливаемого изделия остается пластичной и поэтому заполняется последней.

Иначе говоря, впрыснутая в первую очередь масса частично находится в отливке у стенки близ литника, частично - у стенки в отдалении от литника, а вдавненная последняя часть массы находится близ литника в сердцевине.

Вот почему поверхностные дефекты в зоне литника, свиля вокруг литниковой системы и холодные пробки возникают уже в начальной стадии впрыска, а не при выдержке под давлением, как часто считают.

Предварительные настройки параметров температуры и давления зависят от материала

Принцип фронтального потока действует для всех видов расплавов термопластов. Однако имеются очень большие различия температур, давлений, а также некоторых других установочных параметров процесса литья под давлением. Необходимо учитывать особые свойства материалов - температуру плавления, вязкость расплава, термостойкость, склонность к разложению и множество других параметров.

Следующие разделы данной главы разъясняют значение различных показателей машины и технологических параметров. Рекомендации по предварительно выбираемым настройкам для различных пластмасс дает Глава 2. Указанные цифры основаны на результатах, полученных из практики, и поэтому их нужно принимать как ориентировочные. Дополнительная информация и разъяснения по каждому виду пластмасс подробно касаются особенностей материалов. В сомнительных случаях или, если перерабатываемый материал не найден в Главе 2, должны учитываться указания изготовителя сырья или компаунда.

Правильно ли заданы величина хода, скорость вращения шнека и противодавление?

Нижний предел оптимальной величины хода шнека определяется максимально возможным пребыванием, или временем нахождения, расплава в цилиндре пластикации и требуемой степени точности регулировки в процессе литья под давлением. Правильная длина хода шнека зависит от типа перерабатываемой пластмассы и составляет для термически устойчивых материалов от примерно 0,5 D (диаметра шнека) и до 4 D максимально, для термически чувствительных материалов - между 1 D и 2,5 - 3 D максимально.

Скорость вращения шнека несет ответственность за пластикацию материала. В принципе она должна быть как можно меньше, чтобы оберегать материал от разложения. Получающееся время пластикации не должно быть намного короче, чем время охлаждения. Скорость вращения шнека (U в об./мин.) зависит от перерабатываемого материала и рассчитывается из требуемой периферической (окружной) скорости (v в м/сек) и диаметра шнека (D в мм): $U = 60\,000 \cdot v / (\pi \cdot D)$. Периферийные скорости достигают величин от относительно низкой 0,2 м/сек для непластифицированного ПВХ, средней 0,6 м/сек для поликарбоната и до высокой 1,3 м/сек для полиэтилена, полипропилена и полистирола.

Противодавление шнека - это давление в камере перед шнеком, которое шнек преодолевает, осуществляя пластикацию. Противодавление должно устанавливаться очень точно в соответствии со спецификой материала. Оно составляет величину от 20 бар для полиамида до 300 бар для ПММА.

Подходят ли для материала установленные по зонам значения температуры ?

Имеются в виду заданные по зонам значения температур материального цилиндра, которые в соединении с трением, возникающим при вращении шнека, несут ответственность за передачу тепла в пластмассовое сырье. Температуры цилиндра тоже сильно зависят от материала и составляют значения от 170°C для непластифицированного ПВХ, 320°C для ПК и более 400°C для некоторых пластмасс с высокими эксплуатационными характеристиками.

Во время перерыва следует снижать температуру цилиндра, чтобы не подвергать расплав термическому разложению из-за длительного времени пребывания его в цилиндре. Температура снижения для цилиндра - это та температура, при которой в течение многих часов можно не бояться существенного разложения расплава.

Температура стенки пресс-формы должна выбираться такой, чтобы поддерживать впрыснутый в пресс-форму расплав в текучем состоянии до тех пор, пока отливаемое изделие не будет целиком заполнено. Выдерживание температуры поверхности пресс-формы на надлежащем уровне особенно важно при литье конструктивных термопластов с частично кристаллической структурой, таких как ПОМ, ПБТ, ПЭТ и ПА. Наряду со временем охлаждения и цикла изменение температуры стенок пресс-формы оказывает влияние на кристалличность и, тем самым, на механические свойства, качество поверхности, а также вес и стабильность размеров отливки.

Правильно ли выбраны скорость впрыска и противодавление?

Процесс впрыска тоже является источником многочисленных дефектов. Скорость впрыска влияет на скорость растекания расплава в пресс-форме. В принципе, впрыск должен происходить как можно быстрее, при этом максимально возможная скорость зависит как от материала, так и от геометрической формы отливки. Часто рекомендуется ступенчатый профиль скорости, например, медленно-быстро. Если старые машины могли производить впрыск только с одной скоростью, то современные машины обладают не только различными скоростями, но и плавными переходами между фазами впрыска, образуя на контроллере многоугольный профиль.

То же самое действительно в отношении определяющего качество отливки давления выдержки, или подпитки, которое компенсирует объемную усадку расплава при охлаждении в полости пресс-формы. В настоящее время можно характеристику давления подпитки представить также в виде ломаной линии. Давление подпитки - это гидравлическое давление, которое возмещает усадку отливки во время выдержки под давлением. Длительность выдержки под давлением устанавливается

так, чтобы форма и вес отливки соответствовали требованиям качества.

Идентификация, установление причин и устранение дефектов деталей, отлитых под давлением

Если все параметры машины, технологические параметры и температуры переработки были установлены правильно, пластмасса и, при необходимости, концентрат пигмента или пигмент-краситель предварительно подсушены и, тем не менее, появляются дефекты на отливках, то их причинами могут быть особенности геометрии детали, или неудачная комбинация различных технологических параметров, или их взаимное влияние. Но так как поиски решения методом проб и ошибок и отдельные меры редко бывают успешными, рекомендуется в любом случае проводить систематический анализ проблемы.

Различные дефекты, встречающиеся на деталях, изготовленных литьем под давлением, обсуждаются в Главе 3. Описание каждого типа дефекта завершается разъяснением физических причин и перечня способов выхода из затруднительного положения. В Приложении в качестве краткого обобщения книги приводится таблица с указанием мер по устранению установленных дефектов в литье. Пример систематического анализа незначительного дефекта в отливке разъясняет структурный ход мыслей в процессе поиска причины дефекта. Бланк-таблица для описания дефекта облегчает как устранение неисправностей собственными силами, так и ответ поставщиков сырья или изготовителя машины на Ваш запрос.

Глава 2

Свойства различных
пластмасс и рекомендации
по их переработке

Полиэтилен высокой плотности (ПЭНД)

Структура	частично кристаллическая
Плотность	0,92-0,96 г/см ³
Физические свойства	Гибкий до мягкого; в зависимости от плотности морозостойкость до - 40°C; ударпрочный; небуьющийся; хорошие диэлектрические свойства; низкое водопоглощение; не токсичен; пропускает запахи
Химические свойства	Устойчив к кислотам, щелочам, растворителям, спиртам, бензину, фруктовым сокам, маслам и молоку; не устойчив к ароматическим и хлорированным углеводородам; подвержен образованию трещин из-за внутренних напряжений
Идентификация материала	легко воспламеняется; продолжает гореть после удаления источника горения; капает; ярко светящееся пламя с голубой сердцевинкой; запах, как у погашенной свечи (парафин)
Температура цилиндра	фланец 30-50 °С (50 °С) зона 1 160-250 °С (200 °С) зона 2 200-300 °С (210 °С) зона 3 220-300 °С (230 °С) зона 4 220-300 °С (240 °С) зона 5 220-300 °С (240 °С) сопло 220-300 °С (240 °С)
Температура расплава	200-280 °С
Температура цилиндра во время остановок	220 °С
Температура пресс-формы	20-60 °С
Давление впрыска	В связи с хорошей текучестью избегать крайне высокого давления впрыска (800-1400 бар); исключение: тонкостенные упаковочные изделия (до 1800 бар)
Выдержка под давлением	Вследствие относительно большой усадки для отливок, требующих соблюдения точности размеров, применяется продолжительная выдержка под давлением,

	высота которой составляет около 30-60% давления впрыска
Противодавление	50-200 бар; слишком низкое противодавление может привести к неравномерному весу отливок и неоднородному распределению красителя при окрашивании
Скорость впрыска	При литье тонкостенных упаковочных изделий требуется высокая скорость впрыска (аккумулятор); в прочих случаях предпочтительнее средняя скорость впрыска
Скорость вращения шнека	Максимальная скорость вращения шнека машины находится в пределах до 1,3 м/сек окружной скорости, однако следует задавать такую скорость, чтобы процесс пластикации обязательно был закончен раньше истечения времени охлаждения; требуется низкий момент вращения шнека
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-4,0 D; при длине хода дозирования 4 D важно обеспечить достаточный запас времени пребывания материала в виде расплава
Остаточная подушка массы	2-8 мм, в зависимости от длины хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	Не требуется; при хранении в неблагоприятных условиях целесообразно сушить 1 час при 80 °С
Повторная переработка	до 100% размолотого материала
Усадка	1,5-2,5%; подвержен короблению; высокая степень усадки; окончательная усадка достигается только через 24 часа (дополнительная усадка)
Литниковая система	Точечный литник; горячий канал; изолирующий канал; предкамера; относительно малые сечения достаточны для тонкостенных отливок
Остановка машины	Нет необходимости очистки цилиндра другим материалом; ПЭ устойчив к повышенным температурам
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; стандартный шнек с тремя зонами; для изготовления упаковочных изделий шнек со специальной геометрией (соотношение длина : диаметр = 25:1) с зонами деформации сдвига и смешивания, открытое сопло; обратный клапан.

Полипропилен (ПП)

Структура	частично кристаллическая														
Плотность	0,91-0,93 г/см ³														
Физические свойства	Твердый; устойчив на излом; очень хорошие диэлектрические свойства; не токсичен; пропускает запахи; более твердый и термостойкий, чем ПЭ, однако менее устойчив при низких температурах (исключение: специальные морозостойкие марки); особенно хорошо подходит для шарниров														
Химические свойства	Устойчив к кислотам, растворам щелочей, солей, спирту, бензину, фруктовым сокам, маслам и молоку; не устойчив к хлорированным углеводородам; избегать контакта с медью; низкая склонность к образованию трещин из-за остаточных напряжений														
Идентификация материала	Легко воспламеняется; капает и продолжает гореть; горит светлым пламенем с голубой сердцевинкой; резкий запах парафина и дегтя.														
Температура цилиндра	<table><tr><td>фланец</td><td>30- 50 °С (50 °С)</td></tr><tr><td>зона 1</td><td>160-250 °С (200 °С)</td></tr><tr><td>зона 2</td><td>200-300 °С (220 °С)</td></tr><tr><td>зона 3</td><td>220-300 °С (240 °С)</td></tr><tr><td>зона 4</td><td>220-300 °С (240 °С)</td></tr><tr><td>зона 5</td><td>220-300 °С (240 °С)</td></tr><tr><td>сопло</td><td>220-300 °С (240 °С)</td></tr></table> <p><small>Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливков с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.</small></p>	фланец	30- 50 °С (50 °С)	зона 1	160-250 °С (200 °С)	зона 2	200-300 °С (220 °С)	зона 3	220-300 °С (240 °С)	зона 4	220-300 °С (240 °С)	зона 5	220-300 °С (240 °С)	сопло	220-300 °С (240 °С)
фланец	30- 50 °С (50 °С)														
зона 1	160-250 °С (200 °С)														
зона 2	200-300 °С (220 °С)														
зона 3	220-300 °С (240 °С)														
зона 4	220-300 °С (240 °С)														
зона 5	220-300 °С (240 °С)														
сопло	220-300 °С (240 °С)														
Температура расплава	220-280 °С														
Температура цилиндра во время остановок	220 °С														
Температура пресс-формы	20-70 °С														
Давление впрыска	В связи с хорошей текучестью избегать крайне высокого давления впрыска (800-1400 бар); исключение: тонкостенные упаковочные изделия (до 1800 бар)														
Выдержка под давлением	Чтобы предотвратить утяжки, требуется довольно длительное время выдержки под давлением (около 30% от времени цикла). Высота давления выдержки - 30-60% от требующегося давления впрыска														

Противодавление	50-200 бар
Скорость впрыска	При литье тонкостенных упаковочных изделий требуются высокие скорости впрыска (аккумулятор); в остальных случаях достаточна средняя скорость впрыска
Скорость вращения шнека	Максимальная скорость вращения шнека машины находится в пределах до 1,3 м/сек окружной скорости, однако следует задавать такую скорость, чтобы процесс пластикации обязательно был закончен раньше истечения времени охлаждения; требуется низкий момент вращения шнека
Ход дозирования мин.- макс.	0,5-4,0 D; при длине хода дозирования 4 D важно обеспечить достаточный запас времени пребывания материала в виде расплава
Остаточная подушка массы	2-8 мм, в зависимости от длины хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	Не требуется; при хранении в неблагоприятных условиях целесообразно сушить 1 час при 80 °С
Повторная переработка	До 100% размолотого материала
Усадка	1,2-2,5%; окончательная усадка достигается только через 24 часа (большая дополнительная усадка)
Литниковая система	Множественный точечный литник; горячий канал; изолирующий канал; предкамера; размещать литник в самых толстых местах отливки, иначе возникает опасность больших утяжек.
Остановка машины	Нет необходимости очистки цилиндра другим материалом; ПП очень устойчив к повышенным температурам.
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; стандартный шнек с тремя зонами; для изготовления упаковочных изделий шнек со специальной геометрией (соотношение длина : диаметр = 25:1) с зонами деформации сдвига и смешивания, открытое сопло; обратный клапан.

Полистирол (ПС)

Структура	аморфная
Плотность	1,05 г/см ³
Физические свойства	Твердый; жесткий; хрупкий; очень хорошие диэлектрические свойства; незначительное водопоглощение; высокая стабильность размеров; прозрачный, как стекло; блестящий; легко окрашивается; без запаха и вкуса
Химические свойства	Устойчив к кислотам, щелочам, спиртам, жирам, маслам и растворам солей; не устойчив к бензину, бензолу и многим растворителям; склонен к образованию трещин из-за внутренних напряжений
Идентификация материала	Легко воспламеняется; горит желтым светящимся пламенем с образованием большого количества копоти; характерный сладковатый запах стирола
Температура цилиндра	фланец 30- 50 °С (50 °С) зона 1 160-220 °С (200 °С) зона 2 180-240 °С (210 °С) зона 3 210-280 °С (230 °С) зона 4 220-280 °С (230 °С) зона 5 220-280 °С (230 °С) сопло 220-280 °С (230 °С)
Температура расплава	220-280 °С
Температура цилиндра во время остановок	220 °С
Температура пресс-формы	15-50 °С
Давление впрыска	вследствии хорошей текучести избегать крайне высокого давления впрыска (800-1400 бар);
Выдержка под давлением	размер давления - 30-60% от давления впрыска; относительно короткое время выдержки под давлением
Противодавление	50-100 бар; при слишком малом противодавлении в

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливок с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

	массе могут возникать воздушные прижоги (серые или черные свиля в отливке)
Скорость впрыска	В основном высокая, в зависимости от формы отливки ступенчатая; в случае литья тонкостенных упакочных изделий - максимально возможная с частичным использованием аккумулятора
Скорость вращения шнека	Максимальная скорость вращения шнека возможна до 1,3 м/сек окружной скорости, однако для достижения хороших результатов процесс пластикации должна быть более продолжительным, чем процесс охлаждения
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-4,0 D; при 4 D хода дозирования важно обеспечить достаточный запас времени пребывания материала в виде расплава
Остаточная подушка массы	2-8 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	Не требуется; при хранении в неблагоприятных условиях целесообразно сушить 1 час при 80 °С
Повторная переработка	До 100% размолотого материала
Усадка	0,3-0,6%
Литниковая система	Точечный литник; горячий канал; изолирующий канал; предкамера; достаточны относительно малые сечения
Остановка машины	Нет необходимости очистки цилиндра другим материалом; ПС устойчив к повышенным температурам.
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; открытое сопло; обратный клапан.

Пластифицированный поливинилхлорид (ПВХ-П)

Структура	аморфная
Плотность	1,1-1,4 г/см ³
Физические свойства	Гибкий; эластичный, как резина; не токсичен
Химические свойства	Устойчив к кислотам, щелочам, моющим средствам, маслам и жирам; не устойчив к бензину, эфирам и хлорированным углеводородам
Идентификация материала	Воспламеняется с трудом; горит с копотью, с зеленым окаймлением пламени и разбрызгиванием; пахнет соляной кислотой с пластификатором.
Температура цилиндра	фланец 30- 50 °С (50 °С) зона 1 140-160 °С (150 °С) зона 2 150-180 °С (165 °С) зона 3 160-220 °С (180 °С) зона 4 160-220 °С (190 °С) зона 5 160-220 °С (190 °С) сопло 160-220 °С (200 °С)
Температура расплава	210-220 °С
Температура цилиндра во время остановок	120 °С
Температура пресс-формы	30-50 °С
Давление впрыска	800-1200 бар
Выдержка под давлением	Высота давления 30-50% от нужного давления впрыска
Противодавление	50-100 бар
Скорость впрыска	Чтобы получить хорошее качество поверхности, нужно производить впрыск не слишком быстро (при необходимости использовать ступенчатый профиль инъекции)

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливов с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

Скорость вращения шнека	Установить среднюю скорость вращения шнека, макс. соответствующую 0,5 м/сек окружной скорости
Ход дозирования, мин. - макс.	1,0-3,5 D
Остаточная подушка массы	2-6 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	Не требуется; при хранении в неблагоприятных условиях сушить 1 час при 70 °С
Повторная переработка	При отсутствии термодеструкции материала его можно применять снова
Усадка	1-2,5 %
Литниковая система	Впускной литник должен быть выполнен с радиусом перехода к изделию; для мелких деталей возможен точечный литник
Остановка машины	Отключить нагрев, многократно произвести операции пластицирования и выведения впрыском без противодействия
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; обратный клапан; открытое сопло

Непластифицированный поливинилхлорид (ПВХ-Т)

Структура	Аморфная
Плотность	1,35 г/см ³
Физические свойства	Жесткий; твердый; от прозрачного до непрозрачного; хорошо сваривается и склеивается; при определенных рецептурах не токсичен.
Химические свойства	Устойчив к кислотам, щелочам, маслам, жирам и бензину; не устойчив к бензолу, кетонам, эфирам и средствам для выведения пятен
Идентификация материала	Воспламеняется с трудом; самозатухает; горит с зеленым окаймлением пламени, с образованием копоти и небольшим разбрызгиванием; пахнет соляной кислотой
Температура цилиндра	фланец 30-50 °С (50 °С) зона 1 140-160 °С (150 °С) зона 2 165-180 °С (170 °С) зона 3 180-210 °С (190 °С) зона 4 180-210 °С (200 °С) зона 5 180-210 °С (200 °С) сопло 180-210 °С (200 °С)
Температура расплава	210-220 °С
Температура цилиндра во время остановок	120 °С
Температура пресс-формы	30-60 °С
Давление впрыска	800-1600 бар
Выдержка под давлением	Давление не устанавливать слишком высоким: 40-60% от давления впрыска; высота давления определяется конфигурацией отливки и конструкцией впускного литника
Противодавление	Правильная установка очень важна из-за термочувствительности материала; тепло, возникающее от трения шнека, предпочтительнее, чем от ленточных нагревателей цилиндра; противодавление возможно до

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливок с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

	300 бар
Скорость впрыска	Выбирать не слишком высокую. Избегать разрывов материала, поэтому оптимален ступенчатый профиль скорости впрыска, в особенности, если отливка имеет перегибы или крутые повороты потока
Скорость вращения шнека	Установить как можно более низкой, макс. число оборотов шнека должно соответствовать 0,2 м/сек окружной скорости; возможна пластикация с задержкой дозирования, позволяющая при длительном охлаждении, несмотря на медленную скорость вращения шнека, закончить процесс дозирования непосредственно перед завершением охлаждения; требуется высокий, плавный момент вращения
Ход дозирования, мин. - макс.	1,0-3,5 D
Остаточная подушка массы	Должна быть небольшой: 1-5 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека; при установке цилиндра следить за малым осевым зазором в зоне головки шнека
Предварительная подсушка	1 час при 70 °С (требуется только при хранении материала в неблагоприятных условиях)
Повторная переработка	При отсутствии термодеструкции материала его можно применять снова
Усадка	0,5-0,7 %
Литниковая система	Предпочтительны стержневой, щелевой, зонтичный и изолирующий литники, для мелких деталей возможен также точечный литник; впускной литник должен быть выполнен с радиусом на переходе к изделию
Остановка машины	отключить нагрев; произвести пластицирование без противодействия, оставить массу в цилиндре на 2-3 мин, а затем медленно произвести вывод впрыском, процесс повторять до тех пор, пока температура в цилиндре не понизится до 160°C; затем очистить цилиндр впрыском без материала
Оснащение цилиндра	Геометрическая форма шнека для жесткого ПВХ; частично цилиндр с ленточными нагревателями и охлаждающей воздушной подушкой; питающий или гладкий наконечник шнека; открытое сопло

Полиамид 6 (ПА6)

Структура	частично кристаллическая
Плотность	1,14 г/см ³
Физические свойства	При равновесной влажности (2-3%) очень вязкий; в сухом состоянии хрупкий; твердый; жесткий; износостойкий; хорошие антифрикционные характеристики; хорошо окрашивается; не токсичен; легко склеивается и сваривается
Химические свойства	устойчив к растительным маслам, бензину, бензолу, щелочам, растворителям, хлорированным углеводородам, эфиру и кетонам; не устойчив к озону, соляной кислоте, серной кислоте и перекиси водорода
Идентификация материала	Воспламеняется; продолжает гореть и после удаления источника возгорания; течет нитью, образует пузыристые капли; голубое пламя с желтым окаймлением, пахнет горелым рогом
Температура цилиндра	Фланец 60- 90 °С (70 °С) зона 1 230-240 °С (240 °С) зона 2 230-240 °С (240 °С) зона 3 240-250 °С (250 °С) зона 4 240-250 °С (250 °С) зона 5 240-250 °С (250 °С) сопло 230-240 °С (250 °С) <small>Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливов с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.</small>
Температура расплава	240-250 °С
Температура цилиндра во время остановок	220 °С
Температура пресс-формы	60-100 °С

Эффективность загрузки сильнее всего зависит от температур на фланце и в зоне 1; в результате подъема температуры загрузка выполняется более равномерно.

Давление впрыска	1000-1600 бар, для тонкостенных изделий с большим ходом течения (напр., кабельных хомутов) до 1800 бар
Выдержка под давлением	Как правило, высота давления около 50% от давления впрыска; так как материал затвердевает довольно быстро, достаточно короткого времени выдержки под давлением; с помощью убывающего давления выдержки можно снизить внутренние напряжения в изделии
Противодавление	Установить очень точно 20-80 бар, так как слишком высокое противодавление приводит к неравномерной пластикации.
Скорость впрыска	Впрыск производить относительно быстро; следить за удалением воздуха из пресс-формы, в противном случае возможны прижоги на отливке
Скорость вращения шнека	Возможна высокая скорость вращения до 1 м/сек окружной скорости; однако лучше установить настолько медленную скорость вращения шнека, чтобы процесс пластикации заканчивался незадолго до окончания времени охлаждения; требуется низкий момент вращения шнека.
Ход дозирования, мин. - макс	0,5-3,5 D
Остаточная подушка массы	2-6 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	4 часа при 80 °С, кроме переработки непосредственно из тары изготовителя, полиамиды гигроскопичны, поэтому хранить их во влагонепроницаемых емкостях и закрывать загрузочный бункер ТПА; при содержании влаги свыше 0,25% можно ожидать трудностей при переработке
Повторная переработка	Можно добавлять 10% вторичного гранулята
Усадка	0,7-2,0 %; с 30%-ным содержанием стекловолокна для упрочнения материала: 0,3-0,8%. Изделия с температурой эксплуатации выше 60 °С требуют отжига. Благодаря отжигу остаточная усадка станет ниже, т.е. изделия будут иметь стабильные размеры и удастся добиться снижения внутренних напряжений: реко-

мендуется кондиционирование водяным паром; изделия из полиамида можно проверить на наличие напряжений с помощью паяльной кислоты.

Литниковая система

Возможны точечный, туннельный, щелевой и стержневой литники; для захвата холодных пробок следует рекомендовать глухие отверстия и отверстия - ловушки; может также использоваться горячеканальное литье; так как расплав должен перерабатываться в пределах узкого диапазона температур, требуется горячий канал с точным температурным режимом

Остановка машины

Нет необходимости очистки цилиндра другим материалом; возможное время нахождения массы в цилиндре до 20 мин., затем начинается термическое разложение материала.

Оснащение цилиндра

Серийный шнек; для большей мощности пластикации - специальная геометрическая форма; обратный клапан; открытое сопло.
Для материалов, упрочненных стекловолокном, требуется износостойкое исполнение цилиндра

Полиамид 66 (ПА66)

Структура	частично кристаллическая
Плотность	1,14 г/см ³
Физические свойства	при влажности (2-3%) очень вязкий; в сухом состоянии хрупкий; твердый; жесткий; износостойкий; имеет хорошие антифрикционные характеристики; хорошо окрашивается; не токсичен; легко склеивается и сваривается.
Химические свойства	устойчив к маслам, бензину, бензолу, щелочам, растворителям, хлорированным углеводородам, эфирам и кетонам; не устойчив к озону, соляной кислоте, серной кислоте и перекиси водорода
Идентификация:	воспламеняется; продолжает гореть и после удаления источника возгорания; течет нитью, образует пузыристые капли; голубое пламя с желтым окаймлением, пахнет горелым рогом
Температура цилиндра	фланец 60- 90 °С (80 °С) зона 1 260-290 °С (280 °С) зона 2 260-290 °С (280 °С) зона 3 280-290 °С (290 °С) зона 4 280-290 °С (290 °С) зона 5 280-290 °С (290 °С) сопло 280-290 °С (290 °С)

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливки с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

Эффективность загрузки сильнее всего зависит от температур на фланце и в зоне 1; в результате подъема температуры загрузка становится более равномерной.

Температура расплава 270-290 °С

Температура цилиндра во время остановок 240 °С

Температура пресс-формы 60-100 °С

Давление впрыска

1000-1600 бар, для тонкостенных длинномерных изделий (напр., кабельных хомутов) до 1800 бар

Выдержка под давлением

Как правило, высота давления около 50% от давления впрыска; так как материал затвердевает довольно быстро, хватает короткого времени выдержки под давлением; с помощью убывающего давления выдержки можно снизить внутренние напряжения в изделии

Противодавление

Установить очень точно 20-80 бар, так как слишком высокое противодавление приводит к неравномерной пластикации.

Скорость впрыска

Впрыск производить относительно быстро; следить за удалением воздуха из пресс-формы, в противном случае возможны прижоги на отливке

Скорость вращения шнека

Возможна высокая, до 1 м/сек окружной скорости; однако лучше скорость вращения шнека установить настолько медленной, чтобы процесс пластикации заканчивался незадолго до окончания времени охлаждения; требуется низкий момент вращения шнека.

Ход дозирования, мин. - макс.

0,5-3,5 D

Остаточная подушка массы

2-6 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека

Предварительная подсушка

4 часа при 80 °С, кроме переработки непосредственно из тары; полиамиды гигроскопичны, поэтому их нужно хранить во влагонепроницаемых емкостях и закрывать загрузочный бункер ТПА; при содержании влаги свыше 0,25% можно ожидать трудностей при переработке

Повторная переработка

возможна добавка 10% вторичного гранулята

Усадка

0,7-2,0 %; с содержанием 30% стекловолокна для упрочнения материала: 0,4-0,7%
Изделия с температурой эксплуатации свыше 60°С требуют отжига; благодаря отжигу остаточная усадка станет ниже, т.е. изделия будут иметь стабиль-

ные размеры и удастся добиться снижения внутренних напряжений: рекомендуется кондиционирование водяным паром; изделия из полиамида можно проверить на наличие внутренних напряжений с помощью паяльной кислоты.

Литниковая система

Возможны точечный, туннельный, пленочный и стержневой литники; для захвата холодных пробок следует рекомендовать глухие отверстия и отверстия-ловушки; может использоваться горячеканальное литье; так как расплав должен перерабатываться в пределах узкого диапазона температур, требуется горячий канал с точным температурным режимом

Остановка машины

Нет необходимости очистки цилиндра другим материалом; возможное время нахождения массы в цилиндре до 20 мин., затем начинается термическое разложение материала

Оснащение цилиндра

Серийный шнек; для большей мощности пластикации - специальная геометрическая форма; обратный клапан, открытое сопло; для материалов, упороченных стекловолокном, требуется износостойкое исполнение цилиндра

Полибутилентерефталат (ПБТ)

Структура	частично кристаллическая
Плотность	1,30 г/см ³
Физические свойства	Высокая термостойкость; высокая жесткость и твердость; малое водопоглощение; хорошая устойчивость против растрескивания от внутренних напряжений; отличные антифрикционные характеристики и износостойкость; хорошая стабильность размеров; не токсичен.
Химические свойства	Устойчив к маслам, жирам, спиртам, эфиру, бензину, слабым кислотам и щелочам; не устойчив к бензолу, сильным щелочам и кислотам, а также кетонам
Идентификация материала	Воспламеняется с трудом; гаснет вне пламени; яркое, желто-оранжевое и коптящее пламя; сладковато-ароматический запах
Температура цилиндра	фланец 50-70 °С (70 °С) зона 1 230-250 °С (240 °С) зона 2 240-260 °С (250 °С) зона 3 250-260 °С (260 °С) зона 4 250-260 °С (260 °С) зона 5 250-260 °С (260 °С) сопло 250-260 °С (260 °С)
Температура расплава	250-260 °С; узкий диапазон переработки; ниже 240 °С есть опасность стеклования, выше 270 °С материал подвергается термическому разложению
Температура цилиндра во время остановок	210 °С
Температура пресс-формы	60-80 °С
Давление впрыска	1000-1400 бар
Выдержка под давлением	Высота давления 50-60% давления впрыска
Противодавление	Только 50-100 бар, чтобы избежать фрикционного разогрева
Скорость впрыска	Из-за высокой скорости отверждения и кристаллиза-

	ции требуются высокие скорости впрыска; нужно предотвращать охлаждение и застывание массы при впрыскивании; следить за хорошим проветриванием пресс-формы, в противном случае за счет сжатого воздуха возникают явления прижога в конце течения потока
Скорость вращения шнека	Макс. скорость вращения шнека соответствует 0,5 м/сек окружной скорости
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-3,0 D из-за чувствительности расплава к перегреву и из-за слишком долгого нахождения массы в цилиндре; время нахождения массы в цилиндре не должно превышать 5 мин.
Остаточная подушка массы	2-5 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	4 часа при 120°C
Повторная переработка	У марок с добавкой антипирена можно вводить до 10% регенерата, при отсутствии признаков термического разложения и предварительной подсушки; у марок без антипирена - до 20%
Усадка	Очень сильно зависит от температуры пресс-формы; чем выше температура пресс-формы, тем больше усадка: 1,4-2,0%; при содержании 30% стекловолокна: 0,4-0,6%
Литниковая система	Для упрочненных стекловолокном материалов не применять установленные по центру стержневые и точечные литниковые системы; литник должен находиться в таком месте, чтобы было обеспечено равномерное наполнение гнезда формы; при горячем литье следить за соблюдением точного температурного режима в горячем канале
Остановка машины	Отключить нагрев; производить впрыск до тех пор, пока цилиндр не станет пустым; при перерыве в производстве перед новым запуском выводить массу впрыском до тех пор, пока в ней не исчезнут пузырьки
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; обратный клапан; открытое сопло

Полиэтилентерефталат (ПЭТ)

Структура	Как правило, частично кристаллическая, но возможны и аморфные типы
Плотность	1,35 г/см ³
Физические свойства	При хорошей вязкости высокая твердость, жесткость и прочность (несколько более высокая, чем у ПБТ); хорошая стабильность размеров; малое влагопоглощение; небольшие внутренние напряжения; хорошая текучесть
Химические свойства	Устойчив к маслам, жирам, спиртам, эфиру, бензину, слабым кислотам и щелочам; не устойчив к бензолу, сильным кислотам и щелочам, а также кетонам
Идентификация материала	Воспламеняется с трудом; гаснет вне пламени, желто-оранжевое и коптящее пламя; сладковато-ароматический запах
Температура цилиндра	фланец 50-70 °С (70 °С) зона 1 240-260 °С (250 °С) зона 2 240-260 °С (250 °С) зона 3 250-290 °С (270 °С) зона 4 250-290 °С (270 °С) зона 5 250-290 °С (270 °С) сопло 250-290 °С (270 °С)
Температура расплава	270-280 °С
Температура цилиндра во время остановок	220 °С
Температура пресс-формы	120-140 °С
Давление впрыска	Для тонкостенных деталей до 1600 бар
Выдержка под давлением	Высота давления около 50-70% от требующегося давления впрыска, чтобы предотвратить утяжки; время выдержки под давлением настолько длительное, сколько требуется; слишком длительная выдержка под давлением ведет, прежде всего, у аморфных типов к более высоким напряжениям, что в свою очередь снижает ударную прочность изделий

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливов с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

Противодавление	Только 50-100 бар, чтобы избежать фрикционного нагревания
Скорость впрыска	из-за высокой скорости отверждения и кристаллизации требуются высокие скорости впрыска; нужно предотвращать охлаждение и застывание массы при впрыске; следить за хорошим удалением воздуха из пресс-формы, в противном случае из-за сжатого воздуха возникают явления прижога в конце пути течения потока
Скорость вращения шнека	Макс. скорость вращения шнека соответствует примерно 0,5 м/сек окружной скорости
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-3,5 D из-за чувствительности расплава к перегреву или из-за слишком длительного нахождения массы в цилиндре; время нахождения массы в цилиндре не должно превышать 5 мин
Остаточная подушка массы	2-5 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	4 часа при 140 °C
Повторная переработка	Возможна макс. добавка регенерата до 20%, при условии отсутствия термодеструкции материала и предварительной его подсушки; при использовании регенерата исходной прочности на разрыв, на изгиб и ударной прочности достичь невозможно
Усадка	Очень большие различия в зависимости от типа пресс-формы, толщины стенок, температуры пресс-формы и продолжительности и высоты давления выдержки: 1,2-2,0%; при 30%-ном содержании стекловолокна: 0,4-0,6%
Литниковая система	Возможны все известные типы литников; при горячечанальном литье следить за точным температурным режимом в горячем канале
Остановка машины	Отключить нагрев, очистить цилиндр впрыском без набора материала; при переходе на другой термoplast рекомендуется процесс промывки цилиндра с помощью ПЭ или ПП
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; обратный клапан; открытое сопло

Поликарбонат (ПК)

Структура

Аморфная

Плотность

1,2 г/см³

Физические свойства

Твердый; жесткий; ударопрочный до -100°C; высокая теплостойкость; прозрачный как стекло; не токсичен; хорошо окрашивается; малое влагопоглощение; атмосферостойчив

Химические свойства

Устойчив к маслам, бензину, разбавленным кислотам и спирту
Не устойчив к сильным кислотам, щелочам и бензолу

Идентификация материала

Воспламеняется с трудом; гаснет вне пламени, горит желтым пламенем с искрами и копотью; обугливается; образуются пузырьки; не имеет характерного запаха

Температура цилиндра

фланец 70- 90 °С (80 °С)
зона 1 230-270 °С (250 °С)
зона 2 260-310 °С (270 °С)
зона 3 280-310 °С (290 °С)
зона 4 290-320 °С (290 °С)
зона 5 290-320 °С (290 °С)
сопло 300-320 °С (290 °С)

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливки с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

Температура расплава

280-310 °С

Температура цилиндра во время остановок

200 °С

Температура пресс-формы

80-110 °С

Давление впрыска

Требуются очень высокие давления впрыска, так как материал имеет плохую текучесть: 1300-1800 бар

Выдержка под давлением

Высота давления 40-60% от требуемого давления впрыска; чем ниже давление при выдержке под давлением, тем меньше внутренние напряжения в отливке

Противодавление

100-150 бар

Скорость впрыска	Зависит от хода течения и толщины стенок: при производстве тонкостенных отливок впрыскивать быстро; если требуется хорошее качество поверхности, впрыск производить ступенями: медленно - быстро
Скорость вращения шнека	Макс. 0,6 м/сек окружной скорости; время гластикации подогнать к времени охлаждения; требуется высокий момент вращения шнека
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-3,5 D
Остаточная подушка массы	2-6 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	3 часа при 120 °С; оптимальные механические свойства материал имеет при содержании воды ниже 0,02%
Повторная переработка	Можно примешивать до 20% вторичного гранулята; теплостойкость остается и при более высокой доле размолотого материала, но механические свойства ухудшаются
Усадка	0,6-0,8 % при упрочнении стекловолокном: 0,2-0,4%
Литниковая система	Диаметр впускного литника должен соответствовать минимально 60-70% наибольшей толщины стенки, минимальный диаметр литника 1,2 мм (угол конусности литника 3-5°, при хорошей поверхности даже 2°); возможен точечный литник для мелких изделий с равномерной толщиной стенок
Остановка машины	При перерыве в производстве очистить цилиндр впрыском без материала и снизить температуры по зонам примерно до 200 °С; при очистке цилиндра полезно произвести дополнительный впрыск с высоковязким ПЭ, шнек вытянуть из нагретого цилиндра и остаток материала удалить из шнека с помощью щетки из латунной проволоки
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; обратный клапан; открытое сопло

Акрилонитрил-бутадиен-стирол (АБС)

Структура	Аморфная
Плотность	1,06-1,19 г/см ³
Физические свойства	Твердый; вязкий до -40°C; высокая стойкость к изменению температуры; в зависимости от марки хладно- или теплоустойчив (100°C); ограниченно атмосферостойчив; малое водопоглощение; не токсичен; годен для металлизации гальваническим методом; имеется и специальная марка материала, прозрачная, как стекло
Химические свойства	Устойчив к кислотам, щелочам, углеводородам, маслам, жирам и бензину не устойчив к ацетону, эфиру, этилбензолу, этилхлориду, этиленхлориду, анилину, анисовому маслу и бензолу
Идентификация материала	Легко воспламеняется; горит желтым пламенем с искрами и копотью; характерный сладковатый запах стирола
Температура цилиндра	фланец 40- 60 °С (50 °С) зона 1 160-180 °С (180 °С) зона 2 180-230 °С (210 °С) зона 3 210-260 °С (240 °С) зона 4 210-260 °С (240 °С) зона 5 210-260 °С (240 °С) сопло 210-260 °С (240 °С)
Температура расплава	220-250 °С
Температура цилиндра во время остановок	200 °С
Температура пресс-формы	40-80 °С
Давление впрыска	1000-1500 бар
Выдержка под давлением	Относительно короткая, высота давления 30-60% от давления впрыска
Противодавление	50-150 бар; при слишком малом противодавлении -

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливок с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

	воздушные прижоги в массе (серые или черные свиля в изделии)
Скорость впрыска	Желателен ступенчатый профиль скорости: медленно-быстро; высокая скорость впрыска эффективна для того, чтобы получить глянцевые и блестящие поверхности, минимальное количество линий спая и их высокая прочность; требуются вентиляционные каналы в месте стыка потоков пластмассы
Скорость вращения шнека	Макс. скорость вращения шнека соответствует 0,6 м/сек окружной скорости; однако лучше скорость вращения шнека установить настолько медленной, чтобы процесс пластикации закончился незадолго до истечения времени охлаждения
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-4 D
Остаточная подушка массы	2-8 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	Частично АБС можно перерабатывать из фирменных мешков без предварительной сушки; обычно необходимо предварительно сушить 3 часа при 80°C; влажный гранулят может быть причиной полос, свилей, «серебра» или пузырьков на отливке
Повторная переработка	Можно примешивать до 30% вторичного гранулята, если материал прежде не был подвержен термодеструкции
Усадка	0,4-0,7 %
Литниковая система	Возможны точечный литник и горячий канал; минимальная толщина стенки не должна быть менее 0,7 мм, так как АБС имеет относительно плохую текучесть
Остановка машины	Нет необходимости очистки цилиндра другим материалом
Оснащение цилиндра	Серийный шнек; обратный клапан; открытое сопло

Композиция акрилонитрил-бутадиен-стирол / поликарбонат (АБС/ПК)

Структура	Аморфная
Плотность	1,15 г/см ³
Физические свойства	Устойчив к ударным нагрузкам; с высоким блеском; светостойкий; годен для гальванизации; теплостойкий; высокая прочность на разрыв
Химические свойства	Устойчив к гидролизу только ограниченно, не устойчив к кетонам, эфирам, хлорированным углеводородам
Температура цилиндра	фланец 50- 70 °С (70 °С) зона 1 230-250 °С (250 °С) зона 2 250-260 °С (260 °С) зона 3 250-270 °С (265 °С) зона 4 250-270 °С (265 °С) зона 5 250-270 °С (265 °С) сопло 250-270 °С (270 °С)
Температура расплава	260-270 °С
Температура цилиндра во время остановок	200 °С
Температура пресс-формы	70-90 °С
Давление впрыска	800-1500 бар
Выдержка под давлением	Высота давления 40-50% от требующегося давления впрыска, чтобы предотвратить утяжки; для получения изделий с малыми внутренними напряжениями, нужно установить давление выдержки по возможности малым
Противодавление	50-150 бар, чтобы избежать фрикционного нагревания
Скорость впрыска	Средняя скорость впрыска, чтобы тепло от трения удерживать на минимальном уровне; частично

	ступенчатый профиль скорости: медленно-быстро
Скорость вращения шнека	Макс. скорость вращения шнека соответствует около 0,4 м/сек окружной скорости
Ход дозирования, мин. - макс.	1,0-3,0 D из-за чувствительности расплава к перегреву и слишком длительной выдержки массы в цилиндре; время нахождения массы в цилиндре не должно превышать 6 мин., время нахождения массы в горячем канале также должно быть как можно более коротким
Остаточная подушка массы	2-5 мм, в зависимости от диаметра шнека и хода дозирования
Предварительная подсушка	4 часа при 80 °С
Повторная переработка	Можно добавлять до 20% регенерата, если он не был подвержен термодеструкции и предварительно хорошо осушен; эффективнее применять регенерат для таких изделий, к которым предъявляются невысокие требования по уровню прочности
Усадка	Близкая к изотропной (во всех направлениях одинаковая) усадка 0,5-0,7 %; при упрочнении стекловолокном: 0,2-0,4%
Литниковая система	Возможны все известные типы литниковых систем; при горячеканальном литье следить за точным температурным режимом в горячем канале
Остановка машины	Отключить нагрев, очистить цилиндр впрыском без материала
Оснащение цилиндра	Серийный шнек с диаметром приблизительно до 50 мм; при большем диаметре шнеков - специальная геометрическая форма с ограниченной компрессией и более короткой зоной дозирования, обратный клапан; открытое сопло

Сополимер стирол-акрилонитрил (САН)

Структура	Аморфная
Плотность	1,08 г/см ³
Физические свойства	Отличная прозрачность; хороший глянец; высокая жесткость и твердость; хорошая устойчивость к изменению температуры; высокая размерная стабильность при повышенной температуре
Химические свойства	Устойчив к кислотам, щелочам, насыщенным углеводородам, маслам и жирам не устойчив к концентрированным минеральным кислотам, ароматическим и хлорированным углеводородам, сложным и простым эфирам и кетонам
Идентификация материала	Легко воспламеняется; горит желтым пламенем с искрами и очень сильно коптит; характерный сладковатый запах стирола
Температура цилиндра	фланец 30- 50 °С (50 °С) зона 1 160-180 °С (180 °С) зона 2 180-230 °С (210 °С) зона 3 210-260 °С (240 °С) зона 4 220-260 °С (240 °С) зона 5 220-260 °С (240 °С) сопло 220-260 °С (240 °С)
Температура расплава	220-250 °С
Температура цилиндра во время остановок	200 °С
Температура пресс-формы	40-80 °С
Давление впрыска	1000-1500 бар
Выдержка под давлением	Высота давления 30-60% от давления впрыска, относительно короткое время выдержки под давлением
Противодавление	50-150 бар; при слишком малом противодавлении

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливов с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

	есть опасность воздушных прижогов в массе (черные или серые свиля в изделии)
Скорость впрыска	Эффективна высокая скорость впрыска, чтобы добиться глянцевой и блестящей поверхности, небольшого числа линий спая и их высокой прочности
Скорость вращения шнека	Макс. скорость вращения шнека соответствует 0,4 м/сек окружной скорости; однако скорость вращения шнека должно быть всегда установлена так, чтобы процесс пластикации закончился непосредственно перед окончанием времени охлаждения; требуется средний момент вращения шнека
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-4,0 D
Остаточная подушка массы	2-8 мм, в зависимости от диаметра шнека и хода дозирования
Предварительная подушка	4 часа при 80 °С; при неблагоприятных условиях складирования и транспортировки возможно поглощение влаги, при переработке из-за этого могут возникнуть свиля, полосы или пузырьки на поверхности отливки
Повторная переработка	До 30% при условии отсутствия термодеструкции материала при первой переработке; для изделий с высокими требованиями к качеству поверхности должен применяться только исходный материал
Усадка	0,4-0,7 %
Литниковая система	В принципе возможны все известные типы литниковых систем и горячеканальное литье
Остановка машины	Нет необходимости очищать цилиндр другим материалом
Оснащение цилиндра	Серийный шнек, обратный клапан, открытое сопло

Полиметилметакрилат (ПММА)

Структура	Аморфная
Плотность	1,18 г/см ³
Физические свойства	твердый; хрупкий; высокая прочность; устойчив к царапинам; прозрачный, как стекло; оптически высококачественный; с высоким глянцем; очень устойчив к атмосферным явлениям; легко красится; не токсичен
Химические свойства	Устойчив к слабым кислотам и щелочам, жирам и маслам; не устойчив к сильным кислотам и щелочам, а также к хлорированным углеводородам склонен к образованию трещин из-за внутренних напряжений
Идентификация материала	Легко воспламеняется; горит светящимся пламенем с потрескиванием и немного коптит даже после удаления источника воспламенения; характерный фруктово-сладковатый запах
Температура цилиндра	фланец 60- 80 °С (70 °С) зона 1 150-200 °С (190 °С) зона 2 180-220 °С (210 °С) зона 3 200-250 °С (230 °С) зона 4 200-250 °С (230 °С) зона 5 200-250 °С (230 °С) сопло 200-250 °С (230 °С)
Температура расплава	220-250 °С
Температура цилиндра во время остановок	170 °С
Температура пресс-формы	40-80 °С
Давление впрыска	Из-за плохой текучести требуется высокое давление: 1000-1700 бар
Выдержка под давлением	при толстостенных отливках, таких как линзы, требуется очень высокое и длительное давление выдержки (40-60% от давления впрыска, 2-3 мин.)
Противодавление	Требуется относительно высокое противодавление: 100-300 бар; при слишком малом противодавлении

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливок с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

	вероятнее всего образование пустот или серой и черной вуали на отливке
Скорость впрыска	В зависимости от толщины стенок и хода течения: у толстостенных отливок иногда необходим крайне медленный впрыск, чтобы получить идеальный фронтальный поток; ступенчатый профиль скорости впрыска: медленно-быстро, чтобы получить хорошее качество поверхности в зоне литника
Скорость вращения шнека шнека	пластицировать по возможности медленно, в соответствии со временем охлаждения; макс. 0,6 м/сек окружной скорости; требуется высокий момент вращения на шнеке
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-3,5 D
Остаточная подушка массы	2-6 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	4 часа при 80 °С, подсушка обязательна, т.к. водопоглощение материала может достигать 1%
Повторная переработка	возможна, если регенерат хорошо осушен и окрашен с защитным покрытием; прозрачный регенерат больше не дает оптически хороших изделий
Усадка	0,3-0,7 %
Литниковая система	Необходимы большие впускные литники из-за низкой текучести материала; при изготовлении линз впускной литник должен быть на 0,5 мм меньше, чем толщина стенки на наружной стороне линзы; минимальный диаметр литника должен быть равен наибольшей толщине стенки отливки; чтобы достичь хорошего качества поверхности в зоне литника, важно избегать острых кромок на переходе от литника к изделию; чтобы получить хорошую и длительную передачу давления, сечение литника должно быть круглым или квадратным, литник должен быть коротким; широкие и/или тонкие сечения литника нежелательны
Остановка машины	Нет необходимости в очистке цилиндра другим материалом
Оснащение цилиндра	Серийный шнек, специальная геометрия для производства оптических изделий; обратный клапан, открытое сопло

Полиоксиметилен (ПОМ)

Структура	Частично кристаллическая
Плотность	1,41-1,42 г/см ³
Физические свойства	Твердый; жесткий; вязкий; до -40°C не хрупкий; высокая термостойкость и атмосфероустойчивость; высокая износостойчивость; хорошие антифрикционные характеристики; низкое влагопоглощение; не токсичен
Химические свойства	Устойчив к слабым кислотам и щелочам, бензину, бензолу, маслам и спиртам; не устойчив к сильным кислотам
Идентификация материала	Легко воспламеняется; горит голубоватым пламенем, капает и продолжает гореть; после затухания имеет запах формальдегида
Температура цилиндра	фланец 40- 50 °С (50 °С) зона 1 160-180 °С (180 °С) зона 2 180-205 °С (190 °С) зона 3 185-205 °С (200 °С) зона 4 195-215 °С (205 °С) зона 5 195-215 °С (205 °С) сопло 190-215 °С (205 °С)
	<small>Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливок с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.</small>
	Оптимальная температура для переработки около 210 °С
Температура расплава	205-215 °С
Температура цилиндра во время остановок	150 °С
Температура пресс-формы	40-120 °С
Давление впрыска	1000-1500 бар; для толстостенных технических изделий с толщиной стенки 3-4 мм давление впрыска около 1000 бар, для тонкостенных изделий - до 1500 бар

Выдержка под давлением

Зависит от толщины стенки отливки и температуры пресс-формы; чем длительнее выдержка под давлением, тем меньше усадка отливки; удельное давление выдержки должно составлять 800-1000 бар, что должно обеспечить давление в пресс-форме 600-700 бар; для прецизионных отливок желательно, чтобы давление впрыска и давление выдержки были на одном уровне (без перепадов давления); при одинаковом общем цикле продлить время выдержки под давлением; взвешивать изделия до тех пор, пока вес не перестанет повышаться, это время выдержки под давлением является оптимальным; время выдержки под давлением зачастую составляет 30% от общего времени цикла; изделие только с 95% идеального веса усаживается на 2,3%, а со 100% идеального веса усаживается на 1,85%; малая, равномерная усадка означает, что изделия имеют постоянные размеры

Противодавление

50-100 бар

Скорость впрыска

Средняя; если впрыск производится медленно или температура пресс-формы или массы слишком низкая, на поверхности изделий возникают поры

Скорость вращения шнека

Макс. скорость вращения шнека соответствует около 0,7 м/сек окружной скорости; целесообразно установить скорость вращения шнека таким образом, чтобы процесс пластикации закончился в течение времени охлаждения; требуется средний момент вращения шнека

Ход дозирования, мин. - макс.

0,5-3,5 D

Остаточная подушка массы

2-6 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека

Предварительная подушка

Не требуется; влажный материал сушить около 4 часов при 100 °C

Повторная переработка

Для второстепенных целей до 100%, для прецизионных изделий возможна добавка до 20% дробленого материала

Усадка

около 2 % (1,8-3,0%); окончательная усадка достигается только через 24 часа

Литниковая система

Для мелких изделий с равномерной толщиной стенки возможен точечный литник; сечение впускного литника - 50-60% от максимальной толщины стенки изделия; удачным решением является впрыск против препятствия в полости формы (стержень, стенка); переработка в горячеканальной пресс-форме - наиболее распространенный современный метод

Остановка машины

За 5-10 мин. до окончания работы отключить нагрев, установить противодавление на "0", очистить цилиндр впрыском без материала; при переходе на другой материал, напр., ПА или ПК, нужно прогнать ПЭ, так как он обладает большим «окном» переработки

Оснащение цилиндра

Серийный шнек, открытое сопло; обратный клапан

Ацетат целлюлозы(АЦ)

Структура	Аморфная
Плотность	1,2-1,3 г/см ³
Физические свойства	Вязкий; устойчив к кипячению; трудно бьющийся; устойчив к царапинам; эффект самополировки; низкая электризация; не токсичен; высокий поверхностный глянец; благодаря высокой вязкости хорошо подходит для формования отливок с закладными металлическими деталями (напр., отвертки)
Химические свойства	устойчив к маслам, жирам, бензолу и бензину; не устойчив к уксусу, кислотам и щелочам
Идентификация материала	Воспламеняется с трудом; гаснет вне пламени; горит коптящим зелено-желтым пламенем, с запахом горелой бумаги и уксуса

Температура цилиндра	фланец	30- 40 °С (40 °С)
	зона 1	140-160 °С (150 °С)
	зона 2	160-185 °С (170 °С)
	зона 3	170-200 °С (180 °С)
	зона 4	170-200 °С (180 °С)
	зона 5	170-200 °С (180 °С)
	сопло	170-200 °С (180 °С)

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливок с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1..

Температура расплава	200-210 °С; о слишком высокой температуре свидетельствует изменение окраски расплава; при слишком низкой температуре расплава снижаются поверхностный глянец и прозрачность
----------------------	---

Температура цилиндра во время остановок	160 °С;
---	---------

Температура пресс-формы	40-80 °С
-------------------------	----------

Давление впрыска	800-1200 бар
------------------	--------------

Выдержка под давлением	40-70% от давления впрыска; выбирать давление не слишком высоким, чтобы предотвратить внутренние напряжения; для толстостенных изделий должно быть относительно длительное время выдержки под давлением
Противодавление	50-100 бар
Скорость впрыска	Для тонкостенных изделий высокая скорость впрыска; для литья толстостенных изделий впрыск следует производить медленно
Скорость вращения шнека	Средняя скорость вращения шнека соответствует макс. начальной скорости 0,6 м/сек
Ход дозирования, мин. - макс.	1,0-3,5 D
Остаточная подушка массы	3-8 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	3 часа при 70 °C
Повторная переработка	До 20% регенерата при отсутствии признаков термической деструкции и хорошей предварительной подсушке
Усадка	0,4-0,7 % (0,4 % в направлении течения, 0,6-0,7% поперек направления течения)
Литниковая система	Точно-туннельный литник; предотвращать явление свободной струи посредством дополнительного подпружиненного стержня, иначе возможны дефекты на поверхности в зоне литника
Остановка машины	Отключить нагрев, несколько раз произвести пластификацию без противодавления и вывести массу впрыском
Оснащение цилиндра	серийная геометрия шнека, иногда требуется специальная геометрия, обратный клапан, открытое сопло

Полифениленоксид (ПФО)

Структура	Аморфная
Плотность	1,05-1,10 г/см ³
Физические свойства	Твердый; жесткий; хорошие антифрикционные характеристики и износостойчивость; высокая теплоустойчивость; низкое водопоглощение; высокая устойчивость к царапинам; непрозрачен; не токсичен
Химические свойства	Устойчив к кислотам, щелочам, спирту, жирам и маслам; не устойчив к бензолу и хлорированным углеводородам
Идентификация материала	Воспламеняется с трудом; гаснет вне пламени; не капает; коптящее, искрящееся пламя; едкий запах
Температура цилиндра	фланец 40- 60 °С (50 °С) зона 1 240-280 °С (250 °С) зона 2 280-300 °С (280 °С) зона 3 280-300 °С (280 °С) зона 4 280-300 °С (280 °С) зона 5 280-300 °С (280 °С) сопло 280-300 °С (280 °С)

Значения температур, находящиеся в скобках, рекомендованы как базовые установки при ходе дозирования от 35 до 65% и для отливок с соотношением длины течения к толщине стенок от 50:1 до 100:1.

Температура расплава 270-290 °С

Температура цилиндра во время остановки 200 °С;

Температура пресс-формы 80-120 °С

Давление впрыска 1000-1400 бар

Выдержка под давлением Высота давления 40-60 % от давления впрыска

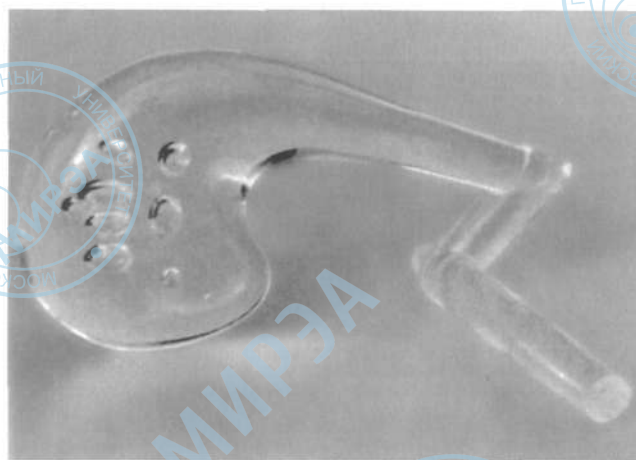
Противодавление 30-100 бар

Скорость впрыска Отливки с длинным ходом течения (длинномерные) требуют высокой скорости впрыска, однако в этих

	случаях нужно обеспечить хорошее удаление воздуха из пресс-формы
Число оборотов шнека	Среднее число оборотов шнека макс. 0,6 м/сек
Ход дозирования, мин. - макс.	0,5-3,5 D
Остаточная подушка массы	3-6 мм, в зависимости от хода дозирования и диаметра шнека
Предварительная подсушка	2 часа при 110 °С
Повторная переработка	При отсутствии признаков термодеструкции материала, он может перерабатываться снова
Усадка	0,8-1,5 %
Литиковая система	Для мелких изделий точечно-туннельный литник, в остальных случаях стержневой или зонтичный литник; горячеканальное литье
Остановка машины	Отключить нагрев, при низком противодавлении шнека несколько раз выполнить операцию дозирования и очистить цилиндр впрыском без материала
Оснащение цилиндра	Серийный шнек, обратный клапан, открытое сопло



Эти усадочные раковины являются пустотами, а не пузырьками включений газа, воздуха или паров влаги. Прежде чем охлажденный ПММА был извлечен из зоны головки, изготавливались хорошие оптические линзы. По завершении производства был отключен нагрев, масса в головке затвердела, и возникли раковины, составившие 8% изменения объема при понижении температуры от 220°C до температуры помещения. Видимые на фото "пузырьки", исходя из причин их возникновения, могут быть только усадочными раковинами, или вакуолями.

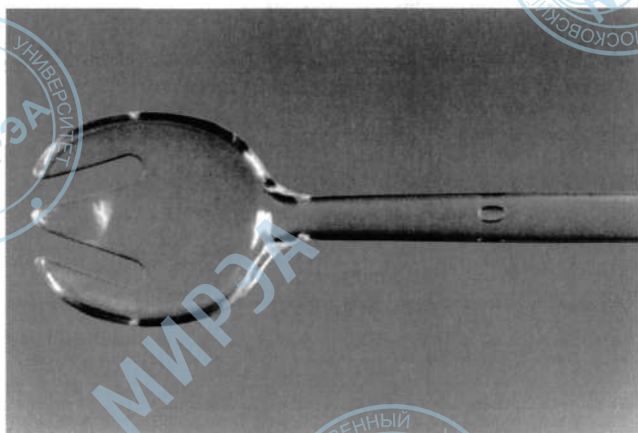


Изделие из ПММА с усадочными раковинами в зоне максимальной толщины стенки: В зоне раковин толщина стенки составляет 28 мм, около литника - только 15 мм. Масса в литнике затвердевает слишком рано и больше не может компенсировать возникающую усадку, так что образуются вакуумные пустоты, или вакуоли.

Дальнейшие примеры на страницах 66 и 67.



Отливка из полисульфона (ПСУ) с очень неравномерным распределением толщины стенки: отчетливо видно скопление усадочных раковин в зоне наибольшей толщины стенки (слева) и относительно меньше раковин в зонах с малой толщиной стенки (в центре вверху)



Ложка для салата из ПММА с одной усадочной раковиной в зоне, удаленной от литника, где изделие имеет наибольшую толщину



Отливка из ПК с многочисленными усадочными раковинами. Все они находятся только в зоне максимальной толщины

Газовые пузырьки

Признаки дефекта

На отливке и в отливке имеются пузырьки - возле литника, на половине хода течения и вдали от литника - не только в зоне максимальной толщины стенки отливаемого изделия. Пузырьки различны по размеру и по геометрической форме.

Физические причины

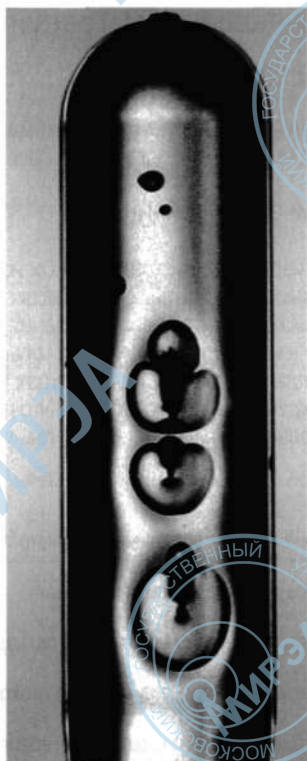
Газовые пузырьки большей частью образуются у термически чувствительных материалов, которые должны перерабатываться при высоких температурах. Если требуемая температура переработки слишком высока, есть опасность термической деструкции расплава, при которой расщепление молекул может в конечном счете привести к разложению материала. При этом возможно образование газа.

Часто при длительном времени цикла причиной является слишком долгое время ожидания и неполный впрыск. Возможен также местный перегрев массы в материальном цилиндре.

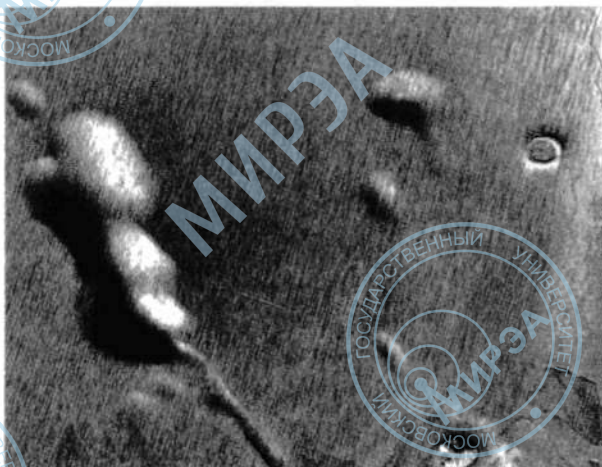
Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Температура массы слишком высокая	Снизить температуру цилиндра; Снизить противодавление шнека; Снизить скорость вращения шнека
Время удержания массы в цилиндре слишком длительное	Применить меньший диаметр цилиндра
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Неблагоприятная геометрия шнека	Применить шнек с меньшей компрессией



Емкость из ПК с газовыми пузырьками различного размера внутри



Заготовка (преформа) для бутылки из ПЭТ с газовыми пузырьками разного размера



Газовые пузырьки в тонкостенном изделии из полиамида: из-за малой толщины стенки газовый пузырек даже вызывает деформацию поверхности отливки

Нерасплавленный гранулят

Признаки дефекта

Вблизи литника остаются нерасплавленные гранулы. Из-за этого тонкостенные отливки могут не иметь гладкой поверхности.

Физические причины

При изготовлении тонкостенных изделий за короткое время цикла пластикация должна происходить с очень высокой скоростью вращения шнека, что имеет следствием короткое время нахождения массы в материальном цилиндре. Так как при литье тонкостенных изделий, которые часто изготавливаются из ПЭ и ПП, стараются работать при низких температурах расплава, чтобы добиться короткого времени охлаждения, велика опасность, что при этом будут впрыскиваться нерасплавленные (не полностью расплавленные) гранулы.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Температура массы слишком низкая	Повысить температуру цилиндра
Скорость вращения шнека слишком большая	Уменьшить скорость вращения шнека
Противодавление шнека слишком низкое	Повысить противодавление шнека
Время цикла слишком короткое, т.е. время нахождения расплава в цилиндре слишком мало	Увеличить время цикла

Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Неподходящая геометрия шнека (распределение на зоны, компрессия, блок смешивания, блок разбивки потока)	Выбрать подходящую геометрию шнека с блоком смешивания и разбивки
Соотношение длины шнека к диаметру слишком маленькое	Увеличить соотношение длины к диаметру, напр., с 23 : 1 до 25 : 1
Требуемый объем хода слишком большой	Применить больший цилиндр, чтобы добиться меньшего хода загрузки



Миска из ПП с нерасплавившимся материалом близ литника из-за слишком низкой температуры цилиндра и слишком низкого противодействия шнека



Емкость из ПЭ с нерасплавившимся материалом по всей зоне дна: ход дозирования, т.е. ход загрузки, слишком большой, что при коротком времени цикла приводит к недостаточной продолжительности нахождения расплава в материальном цилиндре

Серые или черные вуали на изделии

Признаки дефекта

Серые или черные вуали на изделии возникают близ литника, на половине хода течения, а также в отдалении от литника. Они видимы только у прозрачных изделий и чаще всего появляются у ПММА, ПК и ПС.

Физические причины

Находящийся между гранулами воздух попадает в зону загрузки шнека через загрузочное отверстие. Если процесс расплавления в зоне питания шнека начинается слишком рано, то этот воздух захватывается расплавом. Кроме того, давление в зоне загрузки слишком мало, чтобы вытеснить воздух назад. Этот воздух, попавший в материальный цилиндр и сжатый там давлением, проявляется в виде черных вуалей на отливке.

Физика возникновения дефектов из-за наличия воздуха в цилиндре пластикации аналогична процессам, происходящим в дизельных двигателях внутреннего сгорания, поэтому эти дефекты получили название дизельных эффектов. Описанные проявления прижога возникают на поверхностях сжатых воздушных пузырьков, где температура из-за уплотнения особенно высока и кислород воздуха дополнительно способствует окислительному расщеплению расплава.

Необходимо стремиться, чтобы процесс пластикации начинался только в середине зоны загрузки, где давление расплава уже высоко, и воздух, находящийся между гранулами, выдавливался бы назад в направлении загрузочного отверстия.

Причины, обусловленные параметрами

Способ устранения

Противодавление шнека слишком низкое

Поднять противодавление шнека

Температура цилиндра в зоне загрузки слишком высокая

Снизить температуру цилиндра в зоне загрузки

Скорость вращения шнека слишком высока

Снизить скорость вращения шнека

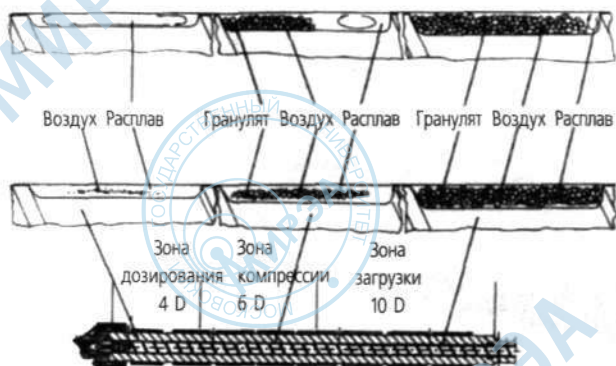
Причины, обусловленные конструкцией

Способ устранения

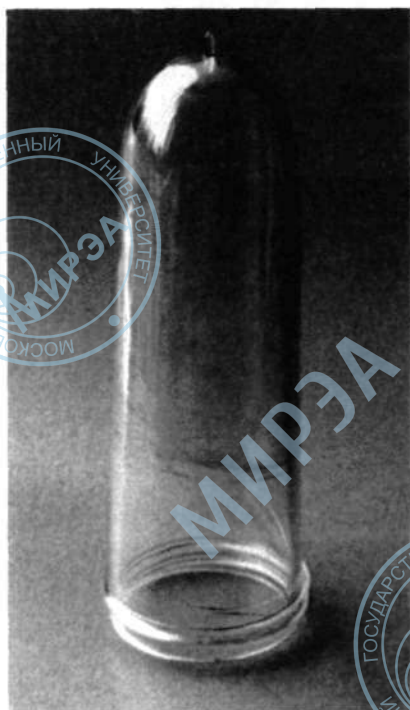
Неблагоприятная геометрия шнека

Применить шнек с более длинной зоной загрузки и большей глубиной витка червяка в зоне загрузки

Характеристика пластикации в цилиндре

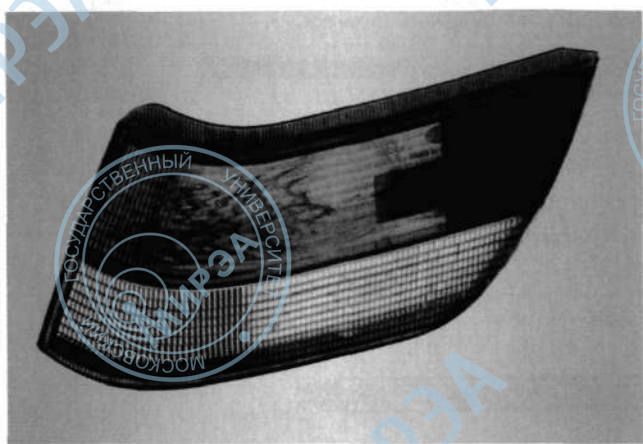


При оптимальных условиях процесса расплавления в цилиндре (вверху) воздух, находящийся между гранулами, может выходить в направлении грузочного отверстия. Слишком раннее расплавление гранул (внизу) преграждает воздуху дорогу к грузочному отверстию. Включения воздуха в расплав сжимаются, и видны в отливке как серые и черные вуали в результате местного термического разложения расплава.

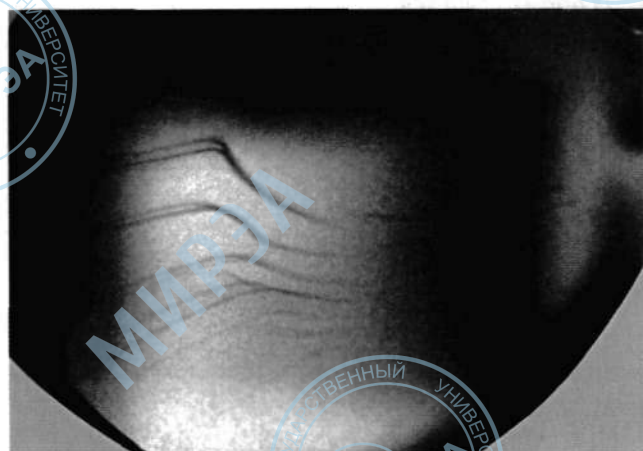


Емкость из ПК с черной вуалью, которая вызвана дизельным эффектом в материальном цилиндре

Дальнейшие примеры на стр. 74



Крышка фонаря изготовлена методом двухцветного литья: захваченный и сжатый при расплавлении желтого ПММА воздух является причиной отчетливо видимой в отливке черной вуали



Толстая часть линзы из ПММА с серой вуалью внутри

Серые или черные вуали в зоне литника

Признаки дефекта

Серебристые или черные свили на поверхности изделия расходятся от центрального литника или находятся в виде точки около него. При низковязких (легко текучих) материалах и высоких температурах переработки эти свили большей частью бывают черными, при высоковязких (трудно текучих) материалах эти свили большей частью серебристые.

Физические причины

Это другой случай явления сжатия включенных в расплав газовых пузырьков. Если в результате большой высоты декомпрессии шнека (при возвратном ходе) с такой же высокой скоростью декомпрессии и давление в расплаве, находящемся перед головкой шнека, резко снижается, то в нем даже может возникнуть разрежение. При высокой температуре расплава вполне вероятно появление в нем газовых пузырьков.

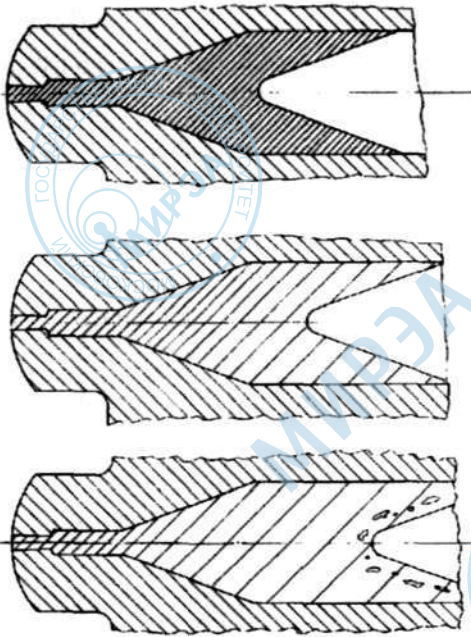
Такие газовые пузырьки будут вновь подвергнуты сжатию во время следующего процесса инъекции, так что черные свили могут появиться в отливке благодаря дизельному эффекту (см. стр. 74). На изделиях, имеющих стержневой литник, эти свили выходят непосредственно от литника. В изделиях, заливаемых через горячий канал, свили начинаются не сразу, а только после определенного хода течения, так как масса находящаяся в горячем канале, не содержит газовых пузырьков, и, благодаря этому, она не дает свилей от прижога. Только масса, находящаяся в головке материального цилиндра, образует свили от прижога.

При низковязких расплавах свили темнее и крупнее, чем при высоковязких, так как при низковязких расплавах во время декомпрессии шнека опасность образования вакуума и пузырьков больше.

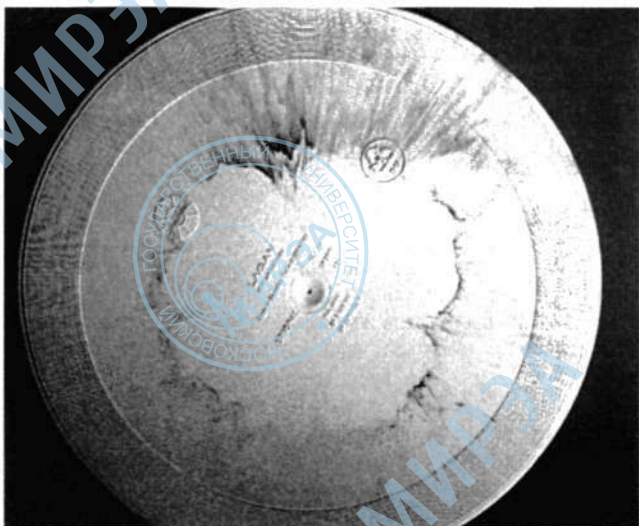
Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Декомпрессия шнека слишком большая	Уменьшить декомпрессию шнека
Скорость декомпрессии шнека слишком большая	Уменьшить скорость декомпрессии шнека
Температура массы слишком высокая	Снизить температуру цилиндра; снизить противодавление шнека; снизить скорость вращения шнека

Примеры на страницах 76 и 77

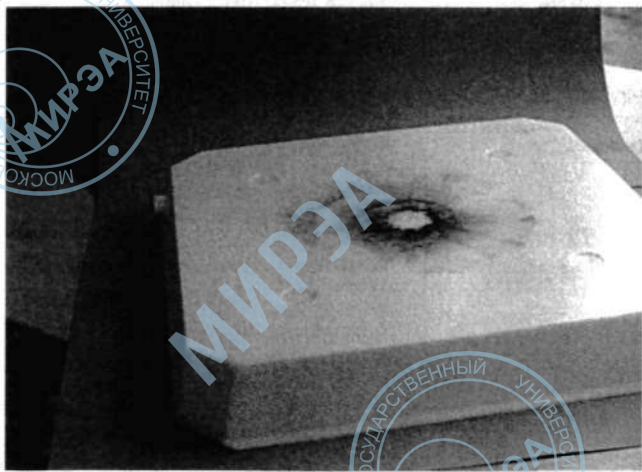
Головка цилиндра



Уплотненная масса перед носком шнека в конце процесса дозирования (вверху). Если декомпрессия (возврат шнека) установлена правильно, давление там уравнивается (в центре). Если декомпрессия (возврат шнека) слишком большая или происходит слишком быстро (внизу), то в горячем расплаве образуются газовые пузырьки.



Дизельный эффект на дне тонкостенного ведра, изготовленного из низковязкого ПП: масса близ литника выходит из горячего канала, и она чистая. Последующая масса приходит из передней зоны сопла, где из-за слишком большой декомпрессии возникли газовые пузырьки и пригары. Эту пригоревшую массу можно отчетливо опознать на стенках по серой вуали.



Дно толстостенного поддона, отлитого из низковязкого ПЭ: масса в непосредственной близости от литника чистая и поступает из горячего канала. Так как здесь горячий канал имеет только очень малый объем, то чистая зона ограничена непосредственной близостью к литнику

Дизельный эффект в отдалении от литника

Признаки дефекта

На поверхности отливки имеются почернения на удаленных от литника местах и на соединительных швах. Иногда отливка в этих местах не полностью залита.

Физические причины

Воздух, находящийся в пресс-форме, из-за высокой скорости впрыска так сильно сжимается и нагревается, что контактирующий с ним расплав пригорает в отдалении от литника в местах слияния потоков и на линиях спая позади перемычек и глухих отверстий. При высоких температурах чаще всего появляются ограниченные по месту прижоги (см. "Серые или черные вуали в зоне литника", стр. 75).

Так как формообразующие полости в настоящее время состоят из небольшого числа деталей и изготавливаются почти исключительно путем электроэрозионной обработки, то удаление воздуха из полости пресс-формы весьма затруднено. Раньше работали с формируемыми вставками, так что воздух мог уходить через маленькие зазоры между ними.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Скорость впрыска слишком высокая	Впрыскивать медленнее; ступенчатый профиль скорости впрыска: быстро-медленно
Температура массы слишком высокая	Снизить температуру цилиндра
Усилие замыкания слишком большое	Снизить усилие замыкания
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Нет вентиляционных каналов	Ввести вентиляционные каналы; Установить глубину канала для отвода воздуха соответственно материалу (АБС: глубиной 0,02 мм; ПА: глубиной 0,01 мм); встроить вентиляционные штифты; переместить выталкиватель в критическое место
Неблагоприятная геометрическая форма отливки	Изменить геометрию изделия так, чтобы получалось другое наполнение детали; переместить литник



Дизельный эффект на месте слияния потоков прозрачной отливки из ПММА



И на ребре (в прозрачной отливке из ПК) иногда проявляется дизельный эффект

На этом изделии из ПА марки GF-30 опасное место слияния потоков можно, вероятно, переместить в плоскость разъема пресс-формы путем изменения скорости впрыска или процесса наполнения формы. Тогда воздух может уходить через плоскость разъема, дизельный эффект устраняется.



При впрыске через боковой литник дизельный эффект можно предотвратить только смещением положения литника; у изделия, заполненного еще не целиком (фото), дизельный эффект еще не видно, тогда как на целиком заполненной детали появляются отчетливые прижоги



Образование свободной струи

Признаки дефекта

Видимый серый или матовый жгут массы выходит из литника, мало контактируя со стенкой и затем заливается последующей массой. Он может быть полностью или частично скрыт в отливаемом изделии.

Физические причины

Свободная струя имеет тенденцию к появлению, когда фронтальный поток, попавший в полость пресс-формы образован недостаточно расплавленной массой. С этим явлением часто можно столкнуться при впрыске в пресс-форму с большой полостью, где струя не попадает сразу на ее стенку или не встречает препятствий. Иногда после выхода из литника часть горячего расплава, попадая на относительно холодную стенку формы, охлаждается так, что не может образовать однородное сплавление с последующим потоком расплава при дальнейшем заполнении формы.

Кроме отчетливо видимых дефектов на поверхности, явление свободной струи может сопровождаться неоднородностями растяжения застывшего расплава, внутренними напряжениями и деформацией в холодном состоянии, которые снижают качество изделия.

В большинстве случаев не удается предотвратить образование свободной струи только изменением технологических параметров. Только соответствующее изменение положения и геометрии литниковой системы может надежно устранить образование свободной струи

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Скорость впрыска слишком высокая	Снизить скорость впрыска
Скорость впрыска слишком равномерная	Применить ступенчатый профиль скорости впрыска: медленно - быстро
Температура массы слишком низкая	Повысить температуру цилиндра (для термически чувствительных материалов только в зоне дозирования); повысить противодавление шнека
Температура пресс-формы слишком низкая	Повысить температуру пресс-формы в зоне впрыска
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Острая кромка на переходе между литниковой системой и отливкой	Ввести радиус на переходе от литниковой системы к отливке
Литниковая система слишком мала	Увеличить литниковую систему
Литниковая система в центре поперечного сечения отливки	Сместить литниковую систему; впрыск производить против препятствия



Образование свободной струи близ литника у толстостенного изделия



Хорошо видимая свободная струя на всей длине тонкой прозрачной отливки, которая была заполнена только частично



Образование свободной струи на плоской отливке из жесткого(непластифицированного) ПВХ

Холодная пробка

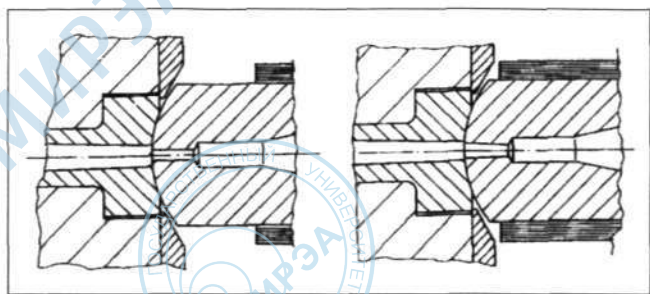
Признаки дефекта

Близ литника находится холодная частица расплава, которая может быть как внутри изделия, так и на поверхности. Эти "холодные пробки" образуют следы на поверхности и значительно ухудшают механические свойства.

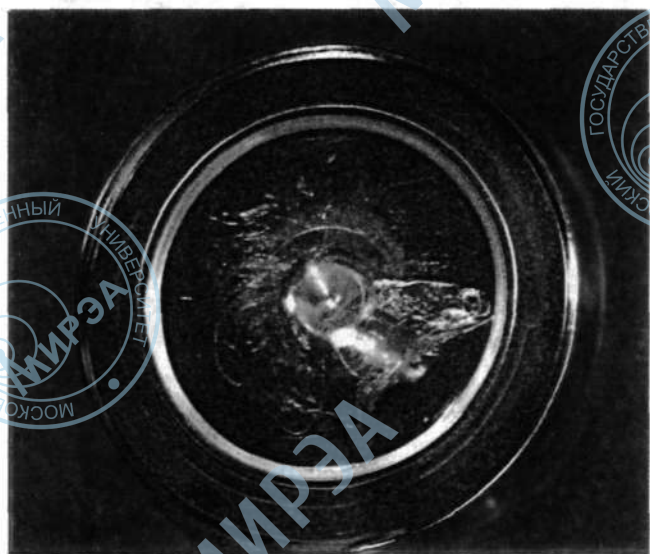
Физические причины

Холодная пробка возникает из-за остывшего расплава в зоне сопла машины или сопла горячего канала. Так как впрыснутый расплав всегда находится близ литника, этот дефект всегда возникает в этой зоне. Причиной является неблагоприятный температурный режим в зоне сопла машины или горячего канала.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Температура расплава слишком низкая	Замерить температуру сопла; повысить температуру сопла; уменьшить площадь прилегания сопла; снизить время прилегания сопла
Температура горячего канала слишком низкая	Повысить температуру горячего канала
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Сечение сопла слишком мало	Увеличить сечение сопла
Неблагоприятная геометрия литника	Изменить геометрию литника, чтобы удерживать холодную пробку в канале
Неблагоприятная геометрия сопла горячего канала	Изменить геометрию сопла горячего канала



Плохая конструкция на переходе от сопла к пресс-форме (слева).
 Конструктивные возможности для предотвращения холодной пробки
 (справа): удлинение зоны нагрева сопла удерживает расплав жидким до
 носка сопла, а сечение сопла с коническим оформлением облегчает отрыв
 пробки



Холодная пробка в зоне литника внутри прозрачной отливки

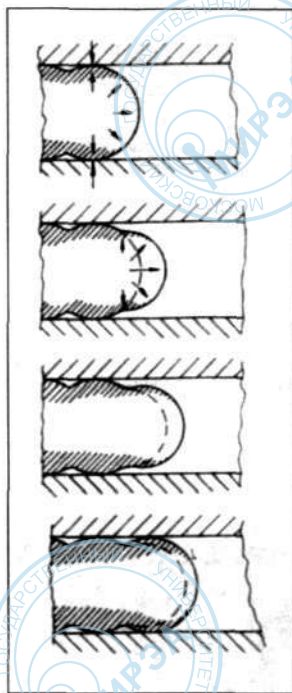
Эффект грампластинки

Признаки дефекта

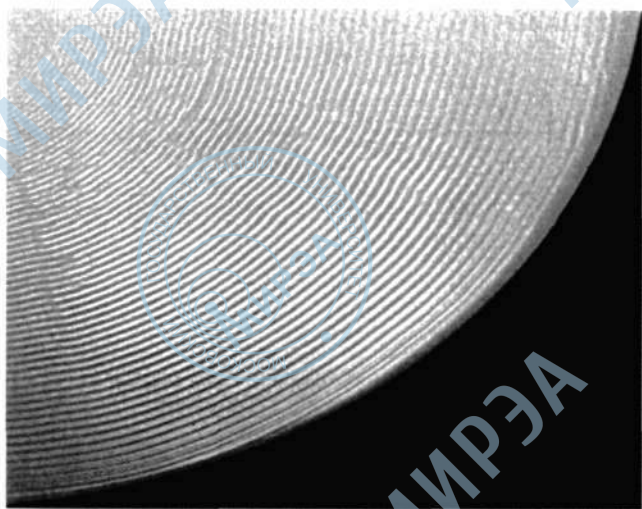
Большей частью в конце хода течения можно наблюдать тонкие бороздки поперек направления потока. Часто они возникают у толстостенных изделий и изделий из высоковязких (трудно текучих) материалов. Бороздки сформированы подобно тому, как они выглядят на грампластинке. У изделий из ПК они очень тонкие, у изделий из АБС они больше, серые и матовые.

Физические причины

Если расплав в процессе литья под давлением, в особенности при низких скоростях впрыска, отверждается на поверхности слишком быстро, то сопротивление потоку становится слишком большим и фронтальный поток тормозится. При этом отвержденный поверхностный слой прилегает к стенке пресс-формы не полностью, а только бороздками. Эти бороздки затвердевают и уже не могут выравниваться при выдержке под давлением.



Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Скорость впрыска слишком низкая	Повысить скорость впрыска
Температура массы слишком низкая	Повысить температуру цилиндра; повысить противодавление шнека
Температура поверхности пресс-формы слишком низкая	Повысить температуру пресс-формы
Давление выдержки слишком низкое	Повысить давление выдержки
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Сечение литниковой системы слишком мало	Увеличить сечение литниковой системы
Отверстие сопла слишком мало	Увеличить отверстие сопла



Круглая отливка с четко проявляющимся эффектом грампластинки из-за чрезвычайно медленной скорости впрыска



Незначительный эффект грампластинки на отливке из ПЭТ. Скорость впрыска некоторое время была слишком медленной

Линия спая

Признаки дефекта

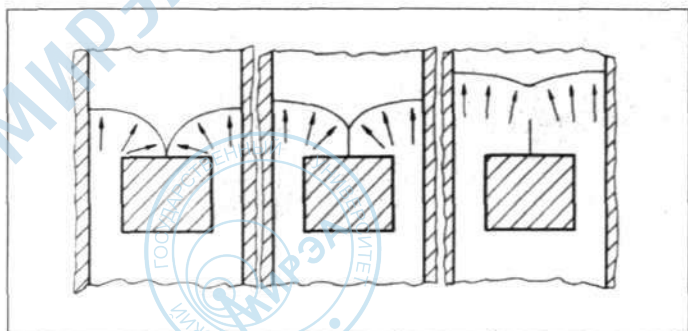
В процессе заполнения формы зачастую образуется линия спая в виде линии соединения отдельных фронтов течения. В случае, если пресс-форма имеет отполированные до высокого глянца поверхности, соединительный шов наблюдается в виде "царапины" или насечки, которая особенно четко видна на темных или прозрачных изделиях. Линия спая образуется всегда в направлении потока.

Физические причины

Линии спая возникают тогда, когда поток массы разделяется и снова соединяется, например, при обтекании «знаков» или у изделий, заливка которых осуществлялась сразу через несколько впускных литниковых каналов. Там, где встречаются потоки массы, на поверхности образуется линия спая. Чем больше обтекаемый стержень или расстояния между точками впрыска, тем отчетливее видна линия спая. Незначительные швы не влияют на прочностные свойства.

Если, однако, потоку нужно преодолеть большое расстояние, а температура и давление недостаточны, отливка оформляется не полностью, и возникает отчетливо видимая насечка. Причина этого заключается в том, что при слиянии не образуется гомогенного соединения потоков расплава, и возникает слабый след. При добавлении к литьевой композиции пигмента-красителя в результате разницы в ориентации макромолекул в области слияния потоков может возникнуть изменение цвета. Количество и положение литниковых систем определяют число и положение линий спая. Чем меньше угол соединения фронтов потока, тем более ярко выражена линия спая.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Скорость впрыска слишком низкая	Увеличить скорость впрыска
Температура стенок пресс-формы слишком низкая	Повысить температуру стенок пресс-формы
Температура массы слишком низкая	Повысить температуру цилиндра
Давление выдержки слишком мало	Повысить давление выдержки; раньше переключать на выдержку под давлением
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Литниковая система на неудачном месте	Сместить литниковую систему; сместить соединительный шов в невидимую зону
Нет отвода воздуха в месте соединения потоков	Предусмотреть каналы для отвода воздуха с размерами соответственно материалу (АБС: глубиной 0,02 мм; ПА: глубиной 0,01 мм)

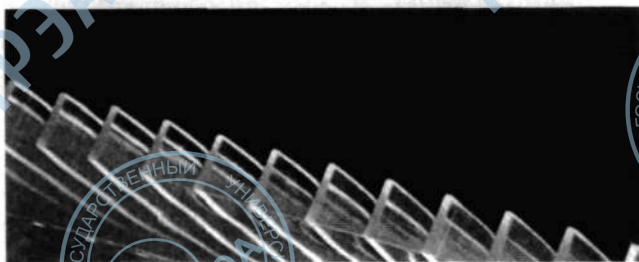


Позади бобышек или стержней два фронта течения встречаются друг с другом и образуют линию спая. Чем отвеснее место встречи фронтов течения друг с другом, тем отчетливее выражена линия спая. На дальнейшем пути течения позади места возникновения шва фронты течения объединяются снова в один поток расплава с совместным фронтом течения

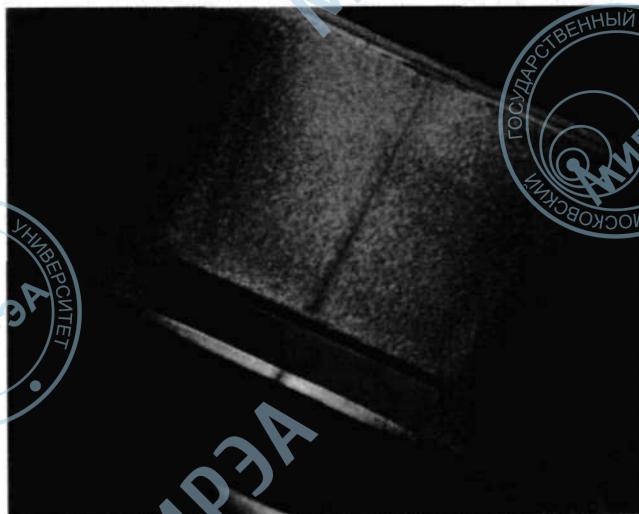


Отливка из ПММА с четко видимой линией спая

Дальнейшие примеры на стр. 88



Линии слая у прозрачной отливки, возникшие между ребрами,



Полученная электроэрозионной обработкой структура поверхности пресс-формы делает линию слая позади отверстия особенно хорошо видимой

Свили («серебро») из-за влаги

Признаки дефекта

Свили из-за влаги - это серебристо-глянцевые, вытянутые по длине свили на поверхности отливки, которые открыты против направления течения. При не полностью заполненных изделиях фронт течения имеет шероховатую поверхность.

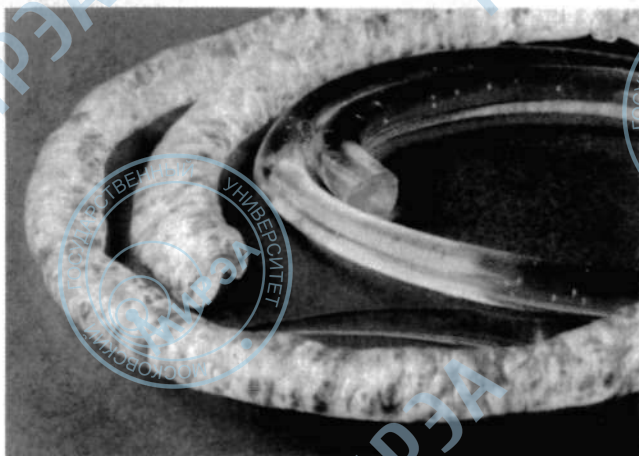
Физические причины

Такие пластмассы, как ПА, АБС, АЦ, ПММА, САН и ПБТ, склонны к водопоглощению. При неблагоприятном хранении пластмассы влага находится внутри гранул или на них. Эта влага при расплавлении пластмассы образует водяной пар. При впрыске эти газовые пузырьки, находясь на поверхности фронта течения, взрываются и образуют свили в форме буквы U.

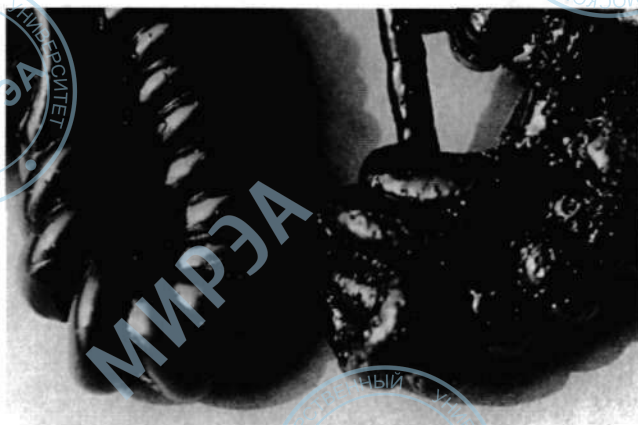
На готовой отливке трудно найти различия между свиллями от влаги и свиллями от прижогов, вот почему проводится соответствующий тест: при удобном случае необходимо свободно вывести расплав из носика сопла с минимальной скоростью. Если при медленном вытекании массы наружу на поверхности жгута появляются пузырьки, это однозначно указывает на наличие влаги в пластмассе.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Остаточная влага в грануляте слишком высокая	Проверить хранение гранулята; сократить время пребывания гранулята в загрузочном бункере; произвести предварительную сушку материала до требуемой влажности

Примеры на стр. 90 и 91



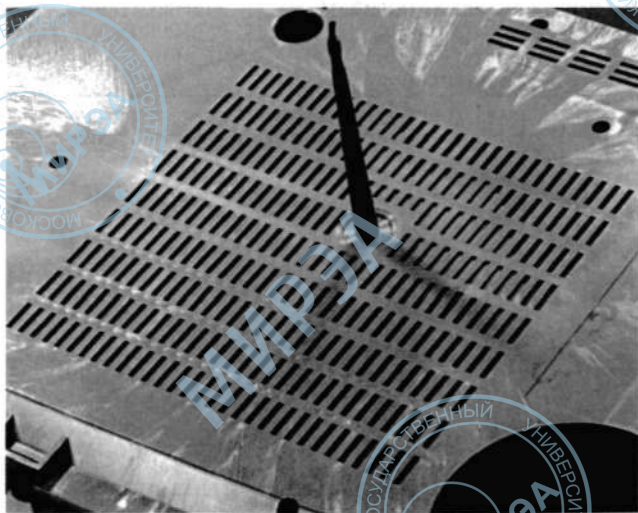
Выприснутый жгут материала ПММА: предварительно осушенный материал без свилей от влаги (внутри, мелкие пузырьки - это усадочные раковины (вакуоли), которые возникли из-за охлаждения расплава без давления) и недостаточно осушенный перед переработкой материал со свилями от влаги (снаружи)



Жгут из предварительно осушенного АБС (слева) и недостаточно осушенный АБС (справа)



Характерные свиля («серебро») от влаги на отливке из АБС



На этом корпусе из АБС возникают свиля из-за влаги преимущественно в тех местах, на которых во время фазы заполнения давление расплава понижалось, т.е. непосредственно позади «знаков», формирующих узкие прямоугольные отверстия

Свилы краски

Признаки дефекта

Свилы краски появляются в форме изменения окраски на поверхности отливки и возникают как вблизи литника, так и в отдалении от него, а также иногда особенно четко позади острых кромок.

Физические причины

Свилы краски возникают из-за неравномерного распределения красящих пигментов, в особенности при окраске мастэрбэчами, порошковыми или жидкими пигментами.

Мастэрбэчи или красящие пигменты при превышении рекомендованной температуры переработки не могут образовывать однородных смесей или расплавов. Другой причиной свилей краски может также быть превышение температуры переработки или слишком долгое время пребывания массы в цилиндре, что может привести к термическому разложению красящего вещества или пластмассы (см. об этом также раздел "Свилы от пригара", стр. 94).

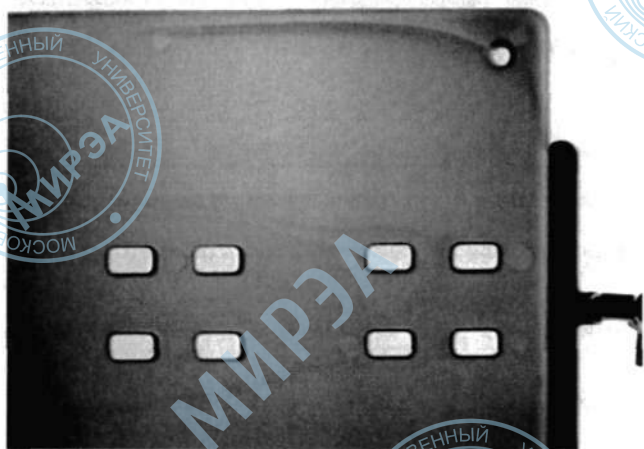
Если даже материал в цилиндре пластицируется или гомогенизируется при правильной температуре, но впрыск производится очень быстро через маленькое сечение литника, то может возникнуть такой большой рахогрев от трения, что красящее вещество разлагается и краска меняет цвет.

В общем случае, при применении мастэрбэчей и красящих веществ нужно следить за тем, чтобы пигмент и подложка краски были химически и физически совместимы с окрашиваемой пластмассой.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Материал подготовлен неоднородным	Снизить число оборотов шнека; повысить температуру цилиндра; повысить противодавление шнека
Температура массы слишком низкая	Повысить температуру цилиндра; повысить противодавление шнека
Противодавление шнека слишком мало	Повысить противодавление шнека
Скорость вращения шнека слишком высокая	Снизить скорость вращения шнека
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Дозировка слишком велика	Применить цилиндр большего диаметра или с большим соотношением длины к диаметру
Время удержания массы в цилиндре слишком короткое	Применить цилиндр с большим диаметром или с большим соотношением длины к диаметру
Соотношение длины шнека к диаметру слишком мало	Применить цилиндр с большим соотношением длины к диаметру
Компрессия шнека слишком мала	Применить шнек с большей компрессией
Не применяется блок резки и смешивания	Применить блок резки и/или смешивания



Свилы краски на отливке из АБС вследствие неоднородного распределения пигмента-красителя в массе при слишком низкой температуре цилиндра



Неравномерное распределение краски у детали из ПММА: время пребывания массы в цилиндре экструзии слишком короткое, что ведет к неоднородному распределению пигмента в расплаве

Свилы от пригара

Признаки дефекта

На поверхности отливки имеются полосы и свилы, серебристые и от светло-коричневого до темного цвета.

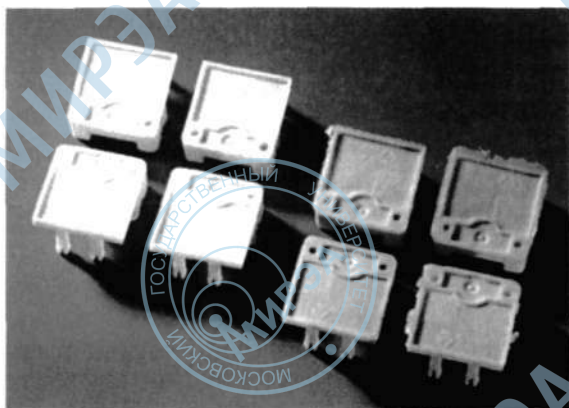
Физические причины

Дефекты от пригаров возникают из-за сильного термического разложения расплава пластмассы. Полосы пригаров от светло-коричневого до темного цвета возникают в результате окисления или разложения массы. Серебристые полосы являются признаками наличия трения в зоне шнека, обратного клапана, сопла, точки приложения литниковой системы, узких сечений или мест с острыми кромками в пресс-форме. Сильное разрушение или разложение, как правило, возникает только при длительном простое машины при включенном нагреве цилиндра.

Если свилы можно обнаружить только в зоне литника, то большей частью это указывает на недостаточный контроль за температурным режимом в горячем канале или в сопле машины.

Незначительно повышенная температура массы при относительно длительном нахождении массы в цилиндре пластикации приводит к получению отливок с пониженными механическими свойствами. Текучесть массы из-за распада цепей вследствие термического разложения повышается настолько, что может произойти также избыточный впрыск формуемого изделия. Поэтому литье в сложные пресс-формы следует производить с особой осторожностью.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Температура массы слишком высокая	Снизить температуру цилиндра
Температура горячего канала слишком высокая	Проверить температуру горячего канала; снизить температуру горячего канала
Время нахождения массы в цилиндре слишком длительное	Использовать цилиндр с меньшим диаметром
Скорость впрыска слишком высокая	Снизить скорость впрыска; использовать ступенчатый профиль скорости впрыска: быстро - медленно
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Компрессия шнека слишком большая	Применить шнек с меньшей компрессией
Соотношение длины шнека к диаметру слишком большое	Установить цилиндр с меньшим соотношением длины шнека к диаметру



Безупречные отливки без термического разложения (слева); слишком длительное пребывание массы в цилиндре ведет к термическому разложению расплава (справа): текучесть массы из-за термического повреждения повышается настолько, что нельзя предотвратить излишний впрыск отливаемого изделия



Отливка из ПП со свилями от пригара в зоне литника из-за термического разложения массы в горячем канале



Свиля от пригара в середине пути течения у преформы (заготовки) для бутылок из ПЭТ: впрыснутая в первую очередь масса была в горячем канале и не имеет дефектов, последующая масса в начале цикла находилась в горячеканальном распределителе и имеет пригары из-за термического разложения массы, впрыснутая из цилиндра в последнюю очередь масса снова не имеет дефектов. Следовательно, прежде всего следует проверить температурный режим горячеканального распределителя

Свилы из-за стекловолокна

Признаки дефекта

Отливки из стеклнуполненных пластмасс имеют различную структуру поверхности: матовые, шероховатые, имеющие пятна с несколько металлическим блеском, которые прежде всего особенно отчетливо видимы после отверстий, поворотов и на линиях слияния потоков.

Физические причины

При медленной скорости впрыска и слишком низкой температуре пресс-формы расплав, содержащий стекловолокно, отвердевает слишком быстро на поверхности пресс-формы, и стекловолокно уже не располагается правильно в расплаве.

Если два фронта течения встречаются друг с другом, то из-за ориентации стекловолокна в направлении течения создается неравномерная структура поверхности на месте соединения течений, и из-за этого возникает оптически очень ярко выраженный соединительный шов.

Вышеназванные явления проявляются еще отчетливее, если подготовка массы в цилиндре шнека не оптимальна, напр., ход шнека слишком большой и, как следствие, для литья используется неоднородный расплав.

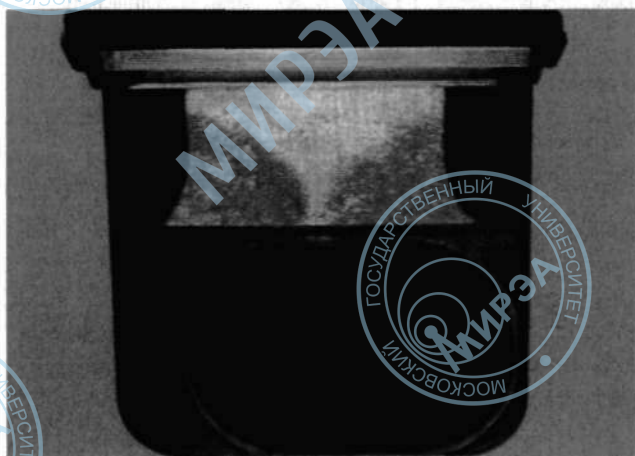
Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Скорость впрыска слишком низкая	Увеличить скорость впрыска; возможно, требуется ступенчатый профиль скорости впрыска: медленно - быстро
Температура пресс-формы слишком низкая	Повысить температуру пресс-формы
Температура массы слишком низкая	Повысить температуру цилиндра; повысить противодавление шнека
Температура массы имеет большие перепады, т.е. неоднородная масса	Повысить противодавление шнека; снизить скорость вращения шнека; установить цилиндр с большим диаметром, чтобы достичь меньшей длины хода шнека



Корпуса клапана из стеклонаполненного ПА: близ литника хорошее качество поверхности, но имеются свили стекловолокна на участке в конце хода течения массы



Четкие свили стекловолокна в месте линии спая



Этот корпус из армированного стекловолокном полиамида выявляет свили стекловолокна (серая зона) и расслоение стекловолокна (светлые участки) на месте слияния течений позади отверстия

Облой

Признаки дефекта

У отливки есть облой на выемках, температурных швах и в плоскости разъема пресс-формы.

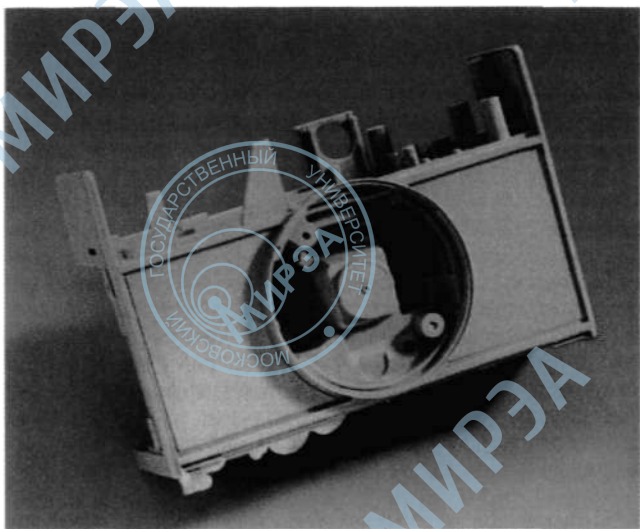
Физические причины

В большинстве случаев усилия замыкания машины недостаточно, чтобы сомкнуть пресс-форму во время фазы впрыска и выдержки под давлением в плоскости разъема. При высоком внутреннем давлении в пресс-форме даже местный прогиб в пресс-форме может вызвать образование облоя. При высоких температурах переработки и высоких скоростях впрыска масса в конце пути течения еще такая жидкая, что при недостаточной герметичности может возникнуть образование облоя.

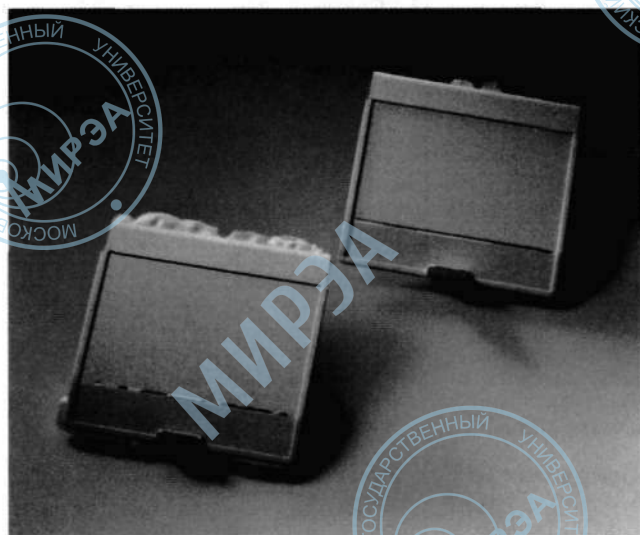
Если отливка имеет излишек впрыска только на одном определенном месте (см.: страница 99 сверху), то это указывает на дефект в пресс-форме: в этом месте пресс-форма не герметизирована. Причины для образования наплыва иллюстрирует фото на стр. 99 внизу: местный излишек впрыска из-за дефектов пресс-формы (справа) и излишек впрыска почти по всей плоскости разъема вследствие слишком низкого усилия замыкания (слева).

Внимание! Чтобы предотвратить образование облоя, усилие замыкания не должно повышаться как попало, так как оно может дополнительно повредить пресс-форму. Рекомендуется однозначно установить действительные причины образования облоя. При работе, в особенности с многогнездными пресс-формами, неплохо было бы еще на подготовительном этапе провести анализ процесса заполнения пресс-формы, который при решении проблемы возможно поможет ответить на все вопросы.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Усилие замыкания слишком мало	Повысить усилие замыкания
Скорость впрыска слишком высокая	Снизить скорость впрыска; ступенчатый профиль скорости впрыска: быстро - медленно
Переключение на выдержку под давлением запоздало	Раньше производить переключение с впрыска на выдержку под давлением
Температура массы слишком высокая	Снизить температуру цилиндра
Температура стенок пресс-формы слишком высокая	Снизить температуру стенок пресс-формы
Давление при выдержке слишком высокое	Снизить давление при выдержке
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Прочность пресс-формы недостаточна	Сконструировать более жесткую пресс-форму
Пресс-форма имеет зазоры в плоскости разъема и на отверстиях	Перепроектировать или переделать пресс-форму



Отливка с местным образованием облоя: пресс-форма не смыкается плотно в этой зоне



Отливки с местным образованием облоя (вверху) и ярко выраженным облоем по всей плоскости разъема (внизу)

Места с утяжками

Признаки дефекта

На поверхности отливки имеются углубления в зоне скопления материала. Прежде всего утяжки возникают на максимальной толщине стенки или при перепадах в толщине стенки.

Физические причины

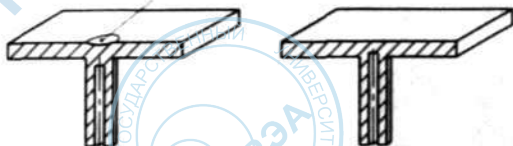
Термическое сжатие (объемное сжатие, усадка) во время процесса охлаждения за-твердевание поверхности отливки ведет к образованию внутренних напряжений в центре отливки. Если они достаточно велики, то происходит пластическая деформация наружного слоя, другими словами, наружный слой втягивается внутрь. Если усадке в процессе выдержки под давлением во внутреннюю часть отливки попадает недостаточное количество подпитывающего материала, если также и наружные стенки вследствие недостаточного охлаждения не приобретают достаточной жесткости, то в результате на отвержденной внешней стенке детали возникает углубление.

Такие углубления называются утяжками. У изделий с большой толщиной стенки эти утяжки могут возникать и после извлечения из формы. В этих случаях теплота, находящаяся в сердцевине, достигает наружной оболочки и нагревает её. Из-за появляющихся в изделии растягивающих напряжений теплая наружная оболочка втягивается внутрь, и возникают утяжки.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Давление выдержки слишком низкое	Повысить давление выдержки
Время выдержки под давлением слишком короткое	Увеличить время выдержки под давлением
Температура стенок пресс-формы слишком высокая	Снизить температуру стенок пресс-формы
Температура массы слишком высокая	Снизить температуру массы Снизить температуру цилиндра
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Сечение литника слишком маленькое	Увеличить сечение литника
Примыкание литника слишком длительное	Сократить время примыкания литника
Отверстие сопла слишком маленькое	Увеличить отверстие сопла
Изделие впрыскивается на малой толщине стенки	Впрыскивать изделие на большой толщине стенки
Скопления массы слишком большие	Предотвратить скопления массы
Неблагоприятное соотношение толщины стенки к ребру	Сформировать более благоприятное соотношение толщины стенки к ребру

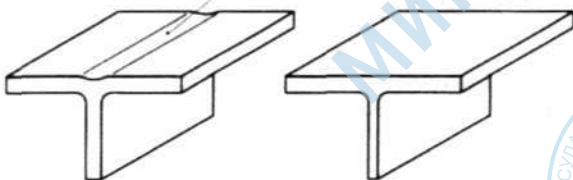
Винтовое соединение

Утяжка



Ребро

Утяжка



Утяжки возникают преимущественно из-за скопления массы на местах с большой толщиной стенок и на местах пересечений перемычек и ребер



Утяжки из-за слишком короткого времени выдержки под давлением (справа), которые можно предотвратить оптимизацией высоты давления и длительности выдержки под давлением

Дальнейшие примеры на стр. 102



Отливка из ПС с утяжками из-за слишком большой толщины выступов на обратной стороне крышки по отношению к основной толщине детали



Четко видимые утяжки из-за слишком большой толщины участков стенки на отливке из АБС

Недоливы

Признаки дефекта

Полость пресс-формы заполняется не полностью, в большинстве случаев это происходит в отдалении от литника или в тонкостенных местах.

Физические причины

Давление впрыска и/или скорость впрыска слишком низкие, чтобы доставить охлажденную при впрыске массу до конца требуемого пути течения. В особенности это явление возникает при переработке высоковязких материалов, а также при низких температурах массы и пресс-формы. Недолив может возникать и в случаях, когда требуется высокое давление литья, а высота давления при выдержке под давлением установлена непропорционально низко.

Там, где требуются действительно относительно высокие давления впрыска, давление выдержки под давлением должно быть сверхпропорционально высоким: в нормальном случае давление выдержки должно составлять около 50% давления впрыска, а при высоких давлениях впрыска 70 - 80%.

Если тонкостенные участки близ литника заполнены не в полном объеме, то это можно объяснить следующим образом: фронт течения на этом месте останавливается, и сначала заполняются толстостенные зоны. После того, как полость формы почти заполнилась, расплав в тонких участках уже застыл, и через пластичную сердцевину может пройти только очень незначительное количество расплава, в результате изделие оформляется с недоливом.

Причины, обусловленные параметрами

Давление впрыска слишком мало
Скорость впрыска слишком мала
Давление выдержки слишком мало
Слишком ранняя точка переключения на выдержку под давлением
Температура массы слишком низкая
Температура пресс-формы слишком низкая
Время выдержки под давлением слишком короткое

Способ устранения

Повысить давление впрыска
Повысить скорость впрыска
Повысить давление выдержки
Позже переключать с давления впрыска на выдержку под давлением
Повысить температуру цилиндра;
Повысить противодавление шнека
Повысить температуру пресс-формы
Увеличить время выдержки под давлением

Причины, обусловленные конструкцией

Сечение канала или литника слишком мало
Удаление воздуха из пресс-формы недостаточно
Отверстие сопла слишком маленькое
Толщина стенки на тонкостенных местах слишком мала

Способ устранения

Увеличить сечение канала или литника
Увеличить удаление воздуха из пресс-формы
Увеличить отверстие сопла
Увеличить толщину стенок

Деформация (коробление)

Признаки дефекта

Отливка отличается от желаемой формы - изгибается или скручивается - либо немедленно после извлечения из формы, либо некоторое время спустя. Как правило, плоские изделия коробятся волнами, прямые кромки загибаются внутрь, или наружу, или скручиваются.

Физические причины

Отливаемое изделие имеет обусловленные технологически внутренние ориентации молекулярных цепей, которые застывают в напряженном виде. При извлечении из формы эти напряжения выравниваются за счет деформации изделия, которая изменяется в зависимости от особенностей конструкции изделия. Причинами внутренних напряжений являются неравномерная усадка, ориентации частиц наполнителя, неравномерный процесс охлаждения в изделии или высокое давление, установленное при его изготовлении. Изделия из частично кристаллических материалов (ПЭ, ПП и ПОМ) с большей усадкой, чем у аморфных материалов (ПС, АБС, ПММА и ПК), склонны к существенно большей деформации.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Давление литья изделия слишком высокое	Снизить давление выдержки; раньше переключать с давления впрыска на выдержку под давлением
Температура пресс-формы слишком низкая	Повысить температуру пресс-формы
Скорость фронта течений слишком низкая	Повысить скорость впрыска
Температура массы слишком низкая	Повысить температуру цилиндра; повысить противодавление шнека
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Неравномерная температура пресс-формы	Охлаждать пресс-форму равномерно и выдерживать температурный режим
Толщина стенок неравномерная, скопления материала	Изменить геометрическую форму изделий с учетом природы полимера

Отпечатки от выталкивателя

Признаки дефекта

На стороне детали со стороны сопла можно заметить белые изломы и выпуклости точно в том месте, где на стороне выталкивателя находятся штифты выталкивателя.

Физические причины

Если требующиеся усилия для извлечения отливки из формы большие, а площадь торцев выталкивателя относительно маленькая, то давление на поверхность в этом месте слишком велико, и в этой зоне возникают деформации, которые могут привести к белым изломам.

Причины, обусловленные параметрами	Способ устранения
Давление выдержки слишком высокое	Снизить давление выдержки
Время выдержки под давлением слишком длительное	Сократить время выдержки под давлением
Слишком позднее время переключения на выдержку под давлением	Раньше переключать с давления
Время охлаждения слишком короткое	впрыска на выдержку под давлением Увеличить время охлаждения
Причины, обусловленные конструкцией	Способ устранения
Литейный уклон слишком мал	Оформить литейный уклон в соответствии с рекомендациями
Поверхность пресс-формы в направлении извлечения изделия слишком шероховатая	Отполировать поверхность пресс-формы в направлении извлечения изделия
Возникновение вакуума на стороне выталкивателя	Предусмотреть воздушные клапаны в стержне



Эта отливка из ПС имеет следы от выталкивателя, которые проявляются как белые изломы из-за слишком большого усилия, требующегося при выталкивании

Глава 4

Приложение

Подведение итогов

Глава 3 охватывает широкий круг дефектов, встречающихся в деталях, изготовленных литьем под давлением, однако невозможно в рамках этой книги обеспечить глубокое исследование всех возможных групп и категорий дефектов. Таблица на стр. 109 охватывает, прежде всего, результаты Главы 3. При этом основные технологические параметры сопоставлены с дефектами. Примерная процедура состоит в изменении за один раз только одного из параметров в порядке нарастания указанных в таблице номеров. Стрелка рядом с параметром указывает направление изменения параметра (повышение/понижение). Это изменение должно продолжаться до тех пор, пока дефект не исчезнет.

Более сложные и дефекты, или те, которые не входят в перечень указанных в таблице дефектов, или имеющие чисто конструктивные причины появления трудно поддаются классификации и устранению с помощью схем, приведенных в Главе 3. Контроль таких дефектов требует систематического подхода и структурного мышления в попытках детальной проработки и обнаружения их причин.

Бланк-таблица на странице 109 в качестве основы анализа, поможет определению дефектов как при устранении неисправностей собственными силами, так и при составлении запроса для консультации с поставщиками полимерного сырья или изготовителями перерабатывающего оборудования. При внимательном изучении должны быть учтены все аспекты, касающиеся дефекта: Как он выглядит? Где он возникает (около литника, повсюду или только в отдалении от литника)? Как часто он возникает (при каждом впрыске или периодически)? Когда это происходит, связано ли это с каким-нибудь определенным явлением? При работе на многогнездных пресс-формах возникает ли он во всех или только в одном гнезде?

Затем нужно добросовестно заполнить нижеследующую контрольную таблицу. По каждому отдельному параметру следует решить, может он влиять на дефект или нет. Все ответы "Нет" при заключительном подробном анализе можно оставить без внимания. Все ответы "Да" нужно проверить, не исключаются ли они взаимно другими параметрами. Так шаг за шагом можно ограничить причины дефектов и устранить их.

Систематический анализ дефекта при литье под давлением

Чтобы разъяснить образ действий при дефекте отливки, который нельзя однозначно соотнести с определенной категорией, здесь дается пример: Изображенные ниже на схеме отливки имеют одностороннюю деформацию, однако при извлечении из формы они еще были прямыми. Для анализа систематически заполняется таблица, примерно как представлено на странице 110.



Поверхностные, механические и размерные дефекты у отлитых изделий	Технологические факторы											
	Температура расплава	Температура стенок пресс-формы	Скорость впуска	Скорость впуска ступенчатая	Скорость вращения шнека	Переключение с давления впуска на выдержку под давлением	Давление выдержки	Время выдержки под давлением	Противодавление	Усилие смыкания	Отвод воздуха	Примыкание
Видимые дефекты:												
Свилы от пригара	↓1		↓2		↓4							↑3
Свилы от влаги					↓2				↑1			
Свилы краски	↑3		↑4		↓2				↑1			
Свилы от стекловолокна	↑3	↑2	↑1									
Утяжки	↓4	↓3					↑1	↑2				↑5
Глянec, разница в глянце	↑3	↑4	↑6				↑1	↑2				↑5
Нерасплавленный гранулят	↑3				↓2				↑1			
Линия спая, линии течения	↑3	↑2	↑1			↑4	↑5				↑6	
Образование свободной струи	↑2	↑4		↓1					↑3			↑5
Пригары, дизельный эффект	↓3		↓1							↓4	↑2	
Видимые отпечатки выталкивателя						↑3	↓1	↓2				
Эффект грампластинки	↑2	↑3	↑1				↑5		↑4			↑6
Темные точки	↓1											
Матовые места в зоне литниковой системы	↑2	↑4		↓1					↑3			↑5
Отслаивания поверхностного слоя, расслаивание	↑4	↑3		↓1	↓2							
Холодные пробки, линии холодного течения	↑1	↑2		↓4								↑3
Серые/черные вуали	↓2				↓3				↑1			
Отклонения в размерах												
Недоливы	↑4	↑5	↑1			↑3	↑2				↑7	↑6
Облой (наплывы, перепонки)	↓4	↓5		↑2		↓3	↓6		↑1			
Деформация при извлечении из формы						↑3	↓1	↓2				
Деформация отливки, коробление	↑4	↑3				↑2	↓1		↑5			
Разброс размеров у отливки							↑1	↑2	↑3			↑4
Неудовлетворительные механические свойства												
Трещины от внутренних напряжений, белый излом		↑4				↑3	↓1	↓2				
Включения воздуха, воздушные пузырьки	↓1				↓2							
Усадочные раковины	↓4	↑3	↓6				↑1	↑2				↑5
Термическое разложение материала	↓1		↓2									↑3

Описание дефекта	
1. Как выглядит дефект?	Коробление детали
2. Где находится дефект?	Деталь деформируется всегда в одном направлении
3. Как часто появляется дефект?	У каждой детали
4. Когда появляется дефект?	После извлечения из формы деталь деформируется
5. Дефект только в определенном гнезде формы?	Пресс-форма одногнездная

Основные параметры, которые должны быть известны			Влияние на дефект	
			да	нет
Машина	Ergotech 150-610			x
Изделие	Крышка			x
Диаметр цилиндра	45	мм		x
Головка шнека	RSP			x
Сопло (вид, диаметр)	SVO 4	мм		x
Пресс-форма (вид, гнездность)	1-гнездная			x
Материал	ПА 66			x
Подсушка материала	4ч./80°C	ч./°C		x
Вес впрыска	58	г		x
Толщина стенки мин./макс.	2,5-4,0	мм	x	
Площадь проекции отливки	192	см ²		x
Сечение литниковой системы	6	мм	x	
Температура цилиндра	285	°C		x
Температура горячего канала	-	°C		
Температура расплава	288	°C		x
Темп-ра стенки пресс-формы	NS 80°C, ES 80°C	°C	x	
Давление впрыска	1100	бар		x
Давление выдержки	500	бар	x	
Противодавление	50	бар		x
Усилие запираения	1200	бар		x
Скорость вращения шнека	150	об./мин		x
Длина хода дозирования	45	мм		x
Длина обратного хода шнека	5	мм		x
Остаточная подушка массы	6	мм		x
Скорость впрыска	30	мм/с		x
Время впрыска	2,1	с		x
Время выдержки под давлением	4	с	x	
Время охлаждения	10	с	x	
Время пластикации	8	с		x
Время цикла	19	с		x

Описание дефекта

1. Как выглядит дефект?

2. Где находится дефект?

3. Как часто возникает дефект?

4. Когда возникает дефект?

5. Дефект только в определенных гнездах формы?

Основные параметры, которые должны быть известны

Влияние на дефект

		да	нет
Машина			
Изделие			
Диаметр цилиндра	мм		
Головка шнека			
Сопло (вид, диаметр)	мм		
Пресс-форма (вид, гнездность)			
Материал			
Подсушка материала	ч./°С		
Вес впрыска	г		
Толщина стенки мин./макс.	мм		
Площадь проекции отливки	см ²		
Сечение литниковой системы	мм		
Температура цилиндра	°С		
Температура горячего канала	°С		
Температура расплава	°С		
Температура стенки пресс-формы	°С		
Давление впрыска	бар		
Давление выдержки	бар		
Противодавление	бар		
Усилие запираания	бар		
Скорость вращения шнека	об./мин		
Длина хода дозирования	мм		
Длина обратного хода шнека	мм		
Остаточная подушка массы	мм		
Скорость впрыска	мм/с		
Время впрыска	с		
Время выдержки под давлением	с		
Время охлаждения	с		
Время пластикации	с		
Время цикла	с		

Теперь проведем анализ шаг за шагом: При одинаковой температуре пресс-формы на обеих частях должна быть одинаковой также температура поверхности и на обеих сторонах отливки. Однако из-за различной толщины стенок можно предполагать, что внутри температура распределяется неравномерно. На местах с большей толщиной стенки отливка охлаждается медленнее. Там и температура внутри будет выше, она будет вызывать большую усадку, и тем самым деформацию в этом направлении после извлечения из формы. Если ребро толще, чем базовая поверхность, то изделие деформируется в направлении ребра, если ребро тоньше базовой поверхности, то изделие деформируется в направлении базовой поверхности.

Для устранения причин дефекта: Во-первых, помощь оказывает сначала более длительное время выдержки под давлением, которое, правда, может не пресечь деформацию полностью, но заметно снизит ее. В качестве второй меры можно было бы увеличить время охлаждения, чтобы при пониженной температуре извлечения из формы достичь соответственно меньше усадки. Но обе эти меры неизбежно имеют следствием более длительное время цикла, что обязательно скажется на производительности.

На основании возможных причин дефекта можно сделать заключение, что эта проблема может быть решена термостатированием пресс-формы, не изменяя при этом времени цикла. Если удастся снизить температуру поверхности пресс-формы в зоне большой толщины стенки примерно на 20°C, при извлечении из формы изделие будет иметь на поверхности с обеих сторон разную температуру, зато вне пресс-формы более высокая внутренняя температура сбалансирует эту разницу температур на поверхности, и тем самым, будет обеспечена равномерная усадка, так что изделие и после охлаждения останется недеформированным.

Первая помощь в тяжелых случаях

Как четко выяснилось во многих местах этой книги, проблема, возникающая при литье под давлением, или дефект на отливке могут иметь множество причин. Когда возникает проблема, виновником этого могут быть машина, пресс-форма, материал или технология. Автор и специалисты в области применения оборудования фирмы "Демаг Эрготех ГмБХ" готовы помочь Вам словом и делом, если не удастся решить проблему самостоятельно. Команда "Демаг Эрготех" с помощью тщательно заполненного бланка-таблицы на стр. 111 может оказать первую помощь. Адрес и номер факса Вы найдете на стр. 2.



Мартин Бихлер, род. в 1940 г., мастер-инструментальщик и техник по машиностроению. В 1960 г. поступил на предприятие по производству машин для литья под давлением "Анкерберк", от которого произошла нынешняя фирма "Демаг Эрготех ГмБХ" в Швайге. После различных видов деятельности на предприятии с 1980 по 1985 год он руководил отделом по технике применения оборудования и технологическим разработкам. С тех пор он посвятил себя специально принципиальным вопросам литья под давлением. По проблемам обнаружения, объяснения и устранения дефектов у литых изделий он годы и годы оказывал поддержку словом и делом многим практикам предприятий литья под давлением.

Маннесманн Демаг Пластсервис
ул. Яцевская, 5а
121351, Москва
Тел.: +7-095-149-61-34
Факс: +7-095-933-00-78
e-mail: info.plastservice@dpg.com



Федеральный информационный фонд отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию

Каталог был представлен на выставке
«Упаковка/УПАК Италия – 2009»

Каталог включен в базу данных
**«Федерального информационного фонда
отечественных и иностранных каталогов на
промышленную продукцию»**

Россия, 105679, Москва, Измайловское шоссе, 44,
Тел./факс (095)366-5200, 366-7008, 365-5445. e-mail: fkatalog@mail.ru,
www.ffpk.ru

Электронная копия издания изготовлена с целью её включения в базы данных Федерального информационного фонда отечественных и иностранных каталогов на промышленную продукцию, которые формируются в соответствии с Постановлением Правительства РФ от 24 июля 1997 г. № 950 и Постановлением Правительства РФ от 31 декабря 1999 г. № 2172-р и зарегистрированы Комитетом по политике информатизации при Президенте РФ под №№ 39-50.

2009 год