

При изготовлении мелких и микроизделий из пластмасс с использованием соответствующих литевых форм и без литников, многократно превышающих по объему основное изделие, объем впрыска часто оказывается очень малым, как и время цикла, обусловленное малой толщиной стенок изготавливаемых изделий. В этих случаях востребованными являются узлы пластикации, которые обеспечивают возможность оптимальной подготовки малых и точно отмеренных объемов расплава через короткие интервалы времени. Новая система пластикации с поршневым шнеком диаметром 8 мм демонстрирует при этом наилучшие результаты.



Шнек диаметром 12 мм с геометрической формой, оптимизированной для производства миниатюрных литевых изделий

Минимизация времени пребывания полимерного материала в узле пластикации

М. Кляйнебрам, Dr. Boy GmbH & Co. KG (г. Нойштадт-Фернталь, Германия)

Если проанализировать материалы, используемые для микролитья под давлением, то можно заметить, что в этой области явное предпочтение отдается высококачественным техническим полимерам. Объяснение этому факту следует искать в том, что такие микроизделия во многих случаях применения должны обладать высокими механическими свойствами или противостоять воздействию высоких температур. Вместе с тем технические полимерные материалы часто являются чувствительными к перегреву и продолжительному времени пребывания в нагретом состоянии при температурах переработки. Важное значение – особенно для высокотемпературных термопластов – имеет соблюдение разумного времени их пребывания в системе пластикации, с тем чтобы, с одной стороны, обеспечить равномерное распределение температуры в массе полимера и его гомогенизацию, а с другой стороны, не превысить времени его термостабильного состояния. Размеры узла пластика-

ции при определенной производительности переработки материала имеют решающее значение для его качественной гомогенизации.

Ориентировочно время T_V пребывания материала в узле пластикации может быть рассчитано по следующей формуле:

$$T_V = 0,8 V_M \cdot T_Z / V_S,$$

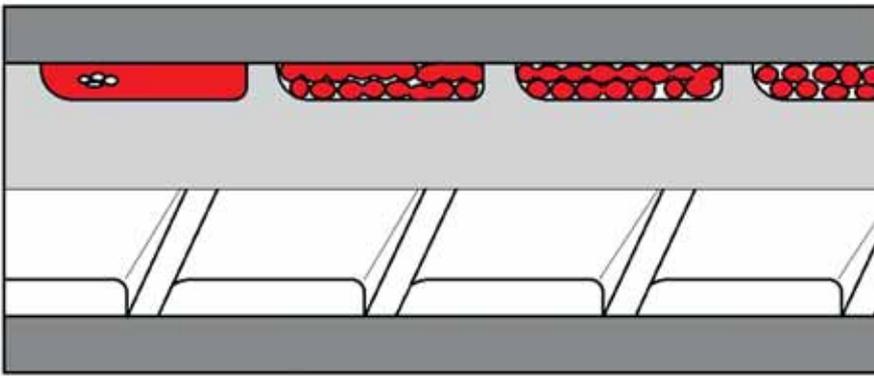
где V_M – объем межвиткового пространства шнека, обратного клапана и сопла; T_Z – время цикла; V_S – объем впрыска.

Преодоление препятствий теплопередаче

Если сосредоточить внимание на теплопередаче внутри материального цилиндра узла пластикации, то окажется, что одним из препятствий передаче тепла перерабатываемому полимерному материалу является его плохая теплопроводность. Особенно это проявляется в тех случаях, когда частицы полимера лишь точечно соприкасаются с горячей металлической стенкой цилиндра и почти отсутствует перемещение гранулята относительно

стенки. В этом случае большое количество тепла должно передаваться в полимерный материал от стенки цилиндра через мельчайшие контактные поверхности с гранулами. Этот процесс достаточно эффективно может протекать только при высокой разнице температур, что является – особенно при переработке чувствительных к нагреву материалов – весьма проблематичным. Проблему представляет собой также нагрев гранул, расположенных внутри массы материала, так как они изолированы воздушными зазорами от уже нагретых частиц и имеют малую площадь поверхности контакта с ними. Таким образом, для равномерной и эффективной передачи тепла важно, чтобы гранулят во время процесса расплавления и пластикации двигался относительно горячей металлической поверхности и чтобы при этом гранулы постоянно меняли свое положение.

Именно при изготовлении мелких и микроизделий по технологии литья под давлением в наиболее полной мере проявляются пре-



В узле пластикации с оптимизированным поршневым шнеком обеспечивается быстрое и равномерное расплавление материала (все иллюстрации: Dr. Boy)

имущества проверенной практикой узла пластикации с поршневым шнеком. Благодаря плоским виткам шнека с большой площадью поверхности и относительно малым объемом межвиткового пространства, материал при его продвижении вперед вращающимся шнеком отделяется от горячей стенки цилиндра и приводится во вращательное движение в направлении, перпендикулярном витку шнека. Такое постоянное переворачивание гранулята способствует его быстрому и равномерному расплавлению (см. рисунок).

В компрессионной зоне шнека – благодаря уменьшающемуся размеру поперечного сечения его витков – в материал вследствие трения вводится дополнительное количество энергии. Одновременно с этим еще оставшийся в межвитковом пространстве воздух удаляется в направлении загрузочного отверстия; плавящийся материал уплотняется и равномерно нагревается. Окончательное выравнивание температуры по объему перерабатываемого материала происходит в смесительной зоне шнека, где расплав подвергается особенно интенсивным напряжениям сдвига и перемешиванию. Только такое непрерывное перемешивание может обеспечить однородный нагрев расплава за минимальное время без необходимости увеличения температуры стенки цилиндра выше значений, превышающих оптимальную температуру переработки соответствующего полимерного материала.

Еще одним важным преимуществом такой шнековой пластикации является то, что во время каждого цикла вперед перемещается всегда именно такое количество материала, которое необходимо для заданного объема впрыска. Таким образом, перерабатываемый материал пластифицируется, гомогенизируется и дозируется постоянно при одинаковых условиях и одинаковом времени пребывания в нагретом состоянии. Тем самым гарантируется соблюдение принципа FIFO (first in, first out: «первым вошел, первым вышел») (фото 1).

Оптимальная геометрия шнека улучшает протекание процесса пластикации

По причине особенностей механической конструкции шнека гранулят в зоне его загрузочной части располагается между витками практически без давления, что делает уплотнение шнека с задней стороны ненужным. Увеличение давления в компрессионной зоне необходимо для перемешивания, уплотнения и одновременного эффективного нагрева материала. Точное дозирование потока расплава осуществляется в предшнековой зоне. Монолитизированный, гомогенизированный и равномерный по своим показателям расплав во время дозирования находится под давлением, создаваемым шнеком. Объем дозирования настраивается с точностью 1 мм³. Вращательное движение шнека прекращается в зави-

симости от пройденного расплавом пути, после чего процесс дозирования заканчивается.

Установившееся в предшнековом пространстве давление во время дозирования с воспроизводимой точностью регулируется и поддерживается с помощью пропорционального клапана. Это достигается за счет создания давления подпора, действующего в направлении, противоположном направлению обратного движения шнека при его вращении. С помощью этого давления подпора и частоты вращения можно оказывать влияние на гомогенизирующее действие шнека. После отключения вращательного движения давление в межвитковом пространстве шнека сразу же снижается.

Впрыск выполняется за счет перемещения шнека вперед. Одновременно с началом его движения закрывается обратный клапан. Во время закрывания клапана возможно небольшое перетекание расплава, которое, однако, является вполне воспроизводимым. После закрывания обратного клапана шнек начинает работать как поршень, и находящийся перед шнеком расплав впрыскивается в литьевую форму с образованием остаточной подушки расплава.

Постоянный расход материала повышает качество изделий

Для обеспечения высокого качества расплава важно, чтобы гомогенизируемый для следующего цикла литья объем этого расплава непрерывно перемещался в направлении впрыска и чтобы материал не мог задерживаться в узле пластикации. В автоматическом режиме это обуславливает постоянное время пребывания расплава в нагретом состоянии и является еще одним важным аспектом реализуемого принципа FIFO: в материальном цилиндре должна быть обеспечена постоянная смена материала. Конструкция обратного клапана должна предотвращать образование «мертвых зон», где мог бы застаиваться расплав. Кроме того, в закрытом узле пластикации с поршневым шнеком нет зон с герметизирующими уплотнениями, в которых расплав мог бы задерживаться на неопределенное время.

Фото 1. Шнековая пластикация с применением шнека диаметром 8 мм всегда протекает при неизменных условиях переработки материала и с одинаковым временем пребывания в узле пластикации. Тем самым гарантируется соблюдение принципа FIFO



Фото 2. Узел пластикации с 8-миллиметровым шнеком (а) может применяться не только для переработки термопластов, но и силиконов на серийно выпускаемых литьевых машинах моделей Boy XXS (б) и XS (в) с усилиями смыкания 63 или 100 кН соответственно

В производстве миниатюрных изделий, используемых в медицине, особую опасность несут с собой содержащиеся в материале посторонние включения, причиной появления которых может среди прочего стать термомеханическое повреждение материала в узле пластикации. Перегрев и прилипание частиц материала в зонах, которые в более простых узлах пластикации не промываются расплавом по причине недостатков их конструкции, легко могут привести к изготовлению дефектных изделий. Типичными для данного случая дефектами являются, например, «черные точки», которые могут появляться при скоплениях материала на поверхности поршня или в зоне уплотнения, а также свиля, обусловленные явлением сгорания материала, связанного с наличием в нем воздушных включений.

Шнеки уменьшенных размеров способствуют сокращению времени пребывания в узле пластикации

Сравнительно недавно компания Dr. Boy GmbH & Co. KG (г. Нойштадт-Фернталь) подала за-

явку на патент на микроузел впрыска с 8-миллиметровым шнеком. Этот узел пластикации с поршневым шнеком – как и его аналог с диаметром шнека 12 мм, который компания Boy представила на рынке в 2003 г. (см. фото у заголовка статьи) – открывает новые возможности для производства мелких и микроизделий. Это микролитьевое техническое решение с объемом межвиткового пространства всего 1,9 см³ обеспечивает важные преимущества при переработке чувствительных к высоким температурам материалов. Так, например, время пребывания полибутилентерефталата в узле пластикации при производстве микропластин для остеосинтеза с объемом впрыска 0,06 см³ и массой изделий 78 мг на литьевой машине Boy XS составляет лишь около 5 мин, что вполне достаточно для качественной пластикации и гомогенизации материала. По сравнению с машиной, оснащенной шнеком с диаметром 12 мм, это время, по данным компании Boy, сокращается более чем на 75 %, а по сравнению со шнеком,

имеющим диаметр 14 мм – примерно на 82 %.

Области применения узла пластикации с 8-миллиметровым шнеком включают в себя среди прочего медицину, автомобилестроение, оптику, производство электроники и микрофлюидных изделий. Данный узел может применяться на серийно выпускаемых литьевых машинах моделей Boy XXS и XS (фото 2) в том числе для переработки силиконов.

Перевод
А. П. Сергеевкова

Minimizing Residence Time in Plasticizing Units

M. Kleinebrahm

In the manufacture of small and microparts, the injected volume is usually very small – presupposing suitable mold design without overdimensioned sprue geometry – and cycle times are short because the wall thicknesses are generally low. The plastication units required should therefore be capable of supplying a small, precisely metered volume of optimally processed melt at short time intervals. A new screw-piston plastication system of Dr. Boy with 8 mm screw diameter is setting records here. ■