

# ПРИМЕНЕНИЕ КОНЦЕНТРАТОВ МИНЕРАЛЬНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПОЛИМЕРНЫХ ТРУБ

Михаил Кацевман, Сергей Киселев, Игорь Айзинсон

**В настоящее время полимерные трубы заслуженно завоевывают все большую популярность, постепенно вытесняя традиционные металлические. И это – не дань моде, а четкий прагматичный подход к выбору более совершенной, надежной и эффективной конструкционной системы. Можно с полной уверенностью предположить, что и на российском рынке в «борьбе за коммуникации» полимерные трубы одержат безоговорочную победу.**

**С**расширением областей применения полимерных труб и существенным ростом объемов потребления полимеров остро встает вопрос повышения эффективности производства: улучшение потребительских свойств продукции, увеличение производительности и снижения их себестоимости. Одним из таких решений для безнапорных полиолефиновых труб является использование модифицирующих концентратов минеральных наполнителей, таких как карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) и тальк. Введение минеральных наполнителей в одной из природных форм повышает прочностные характеристики безнапорных труб. Кроме того, теплофизические свойства минералов способствуют росту производительности.

Карбонат кальция ( $\text{CaCO}_3$ ) широко встречается в природе и имеет три формы: мел, известняк и мрамор. С точки зрения использования в качестве модифицирующего наполнителя наиболее перспективным является молотый мрамор в силу более высокой прочности, белизны и формы частиц, наиболее приближенной к сферической. Применение природного карбоната кальция в качестве модификатора обусловлено свойствами этого материала. Это природный материал, который нетоксичен, не имеет запаха и вкуса. Молотый мрамор имеет хорошую дисперсность и, как результат, хорошо совмещается с полимерной матрицей и легко перера-

батывается. Помимо этого, мрамор широко распространен в мире, добывается карьерным способом и имеет низкую себестоимость (в несколько раз ниже, чем стоимость полиолефинов). Молотый мрамор содержит минимальное количество примесей, особенно твердых минералов, таких как кварц.

## **Влияние $\text{CaCO}_3$ на свойства и процесс изготовления полиэтиленовых и полипропиленовых труб**

Карбонат кальция обладает в силу своей природы в несколько раз большей теплопроводностью по сравнению с полиолефинами (табл. 1).

Таблица 1

Материал	Коэффициент теплопроводности (Вт/м/К)
ПЭНД	0,45
ПП	0,20
$\text{CaCO}_3$	2,70
ПП + 20% $\text{CaCO}_3$	0,42
ПП + 40% $\text{CaCO}_3$	0,56

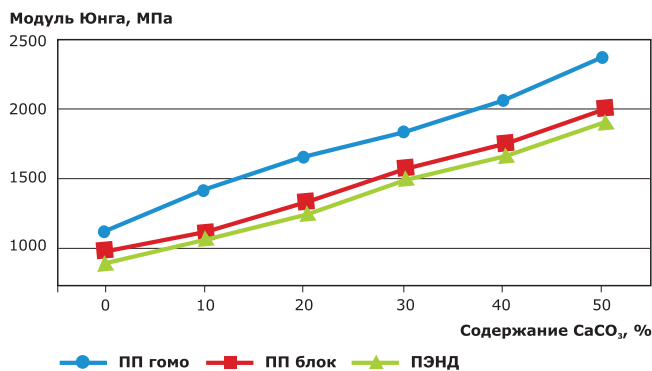


Рис. 1. Влияние содержания карбоната кальция на модуль Юнга

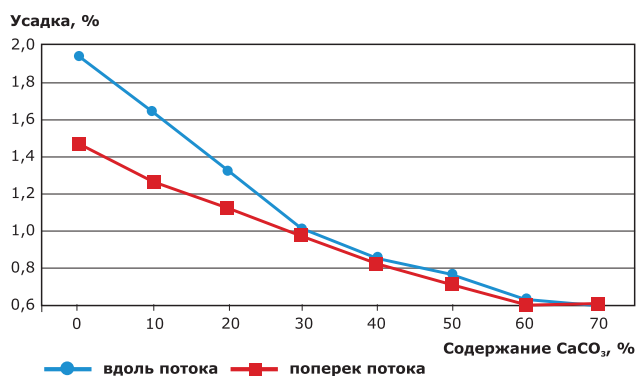


Рис. 2. Влияние содержания карбоната кальция на усадку

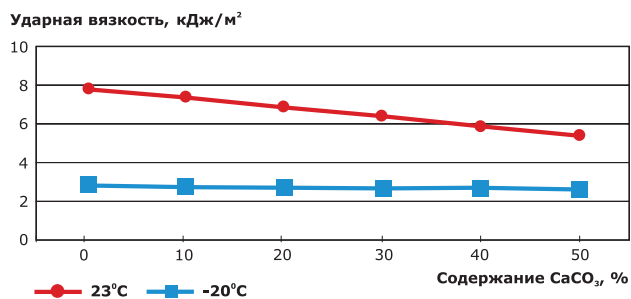


Рис. 3. Влияние содержания карбоната кальция на ударную вязкость по Шарпи с надрезом, ПП блоксополимер

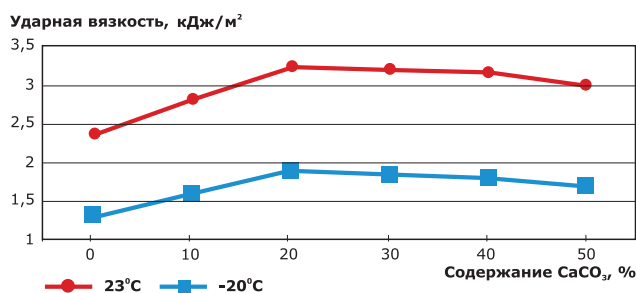


Рис. 4. Влияние содержания карбоната кальция на ударную вязкость по Шарпи с надрезом, ПП гомополимер

Это приводит к тому, что передача тепла в процессе переработки происходит заметно более эффективно, чем в случае применения чистого полимера. Соответственно, снижаются местные перегревы, а расплав прогревается быстрее и равномернее, что, в свою очередь, позволяет увеличить скорость формования. Также ускоряется процесс охлаждения изделия, что также увеличивает производительность переработки в целом.

Введение CaCO<sub>3</sub> в полиолефины увеличивает значение модуля упругости при растяжении (модуля Юнга) и, соответственно, повышает жесткость материала (рис. 1).

Среди механических свойств очень важным показателем для труб является кольцевая жесткость (число жесткости). Она определяется следующими факторами: модулем Юнга самого полимера, толщиной стенки трубы, средним диаметром трубы, конструкцией трубы.

Класс жесткости (SN) определяется по формуле:

$$SN = E(t) \cdot e^3 / 12 (1 - \nu^2) \cdot d_m^3,$$

где E(t) – модуль Юнга полимера;  
e – толщина стенки трубы;  
ν – постоянная для материала (например, для ПП ν=0,38);  
d<sub>m</sub> – средний диаметр трубы.

По этому показателю (кН/м<sup>2</sup>) трубы обычно и классифицируют: SN2, SN4, SN8 и т. д.

Увеличение модуля Юнга при введении в состав полимера CaCO<sub>3</sub> значительно увеличивает значение SN, что позволяет либо снизить толщину стенки трубы при сохранении ее класса, либо повысить класс жесткости труб.

Так как CaCO<sub>3</sub> имеет более низкий (по сравнению с полимерами) коэффициент теплового расширения, то его наличие в расплаве приводит к определенному сокращению объема расплава. Соответственно, при одинаковых условиях переработки это приводит к снижению давления расплава и уменьшению момента вращения шнека экструдера. Следовательно, возникает возможность увеличения скорости вращения шнека и, в конечном итоге, производительности установки.

Полукристаллические полимеры (такие как ПП и ПЭ) имеют достаточно узкий интервал температур, в котором возможно эффективное формование этих материалов (из-за наличия температуры плавления кристаллической фазы и температуры начала деструкции). Добавление CaCO<sub>3</sub> повышает вязкость расплава и меняет характер течения, поэтому сдвиговые напряжения, возникающие при течении, меняются не так значительно. Соответственно, расширяется температурный интервал, в котором возможно термоформование полимера. Этот эффект позволяет получить более однородную структуру стенки трубы, что особенно важно в производстве гофрированных труб.

Благодаря близкой к сферической форме частиц молотого мрамора, при введении в полимер достаточного количества  $\text{CaCO}_3$  практически исчезает анизотропия усадки, характерная для полукристаллических полимеров. При содержании свыше 20% усадка вдоль и поперек потоков становится одинаковой. Также снимаются внутренние напряжения в материале и коробление в изделиях. Зависимости усадки полиолефинов от содержания карбоната кальция приведены на рис. 2.

Введение карбоната кальция повышает значение показателя ударной вязкости для гомополимера ПП, в том числе при отрицательных температурах. Это происходит за счет того, что появление межфазного разделения на границе полимер –  $\text{CaCO}_3$  препятствует росту микротрещин и, соответственно, разрушению изделий. Эта зависимость отражена на рис 3–5. В случае блоксополимера ПП и ПЭНД, которые по своей природе являются ударопрочными, наоборот, происходит незначительное снижение этого показателя, при этом повышается жесткость материалов.

При использовании карбоната кальция в производстве труб достигается и экономический эффект:

- снижение расходов на сырье: с одной стороны, уменьшение толщины стенки сокращает количество полимера, необходимое для производства трубы, с другой – более дешевый  $\text{CaCO}_3$  замещает более дорогой полимер;

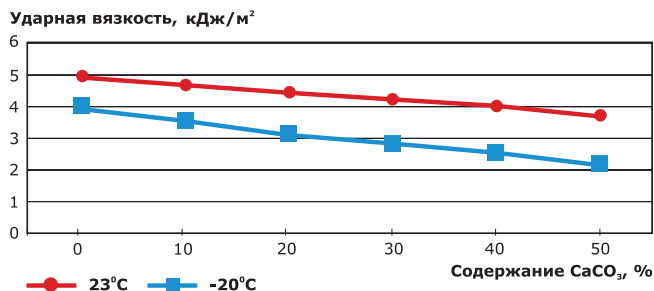


Рис. 5. Влияние содержания карбоната кальция на ударную вязкость по Шарпи с надрезом, ПЭНД

- увеличение производительности установки;
- повышение стабильности процесса и снижение количества отходов.

Таким образом, использование природного, доступного карбоната кальция специальных марок повышает экономичность производства, его эффективность и экологичность. Этот вывод подтверждается широким применением концентратов  $\text{CaCO}_3$  в переработке полиолефинов и особенно в производстве полимерных безнапорных труб.

*Продолжение следует*

