МИНИСТЕРСТВО МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА СССР
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В МЕЛИОРАЦИИ
И ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ
(ВНИИводполимер)

ПОЛИМЕРЫ В МЕЛИОРАЦИИ И ВОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Сборник научных трудов

ВЫПУСК 4

ВНИИводполимер
Елгава 1976

Ю. О. Берзинь, В. П. Карливан

ОЦЕНКА СКЛОННОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ К ИЗНАШИВАНИЮ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

Потребность в полимерных материалах для нужд мелиорации и водного хозяйства составляла в 1975 г. примерно 100 тыс. т., а в 1980 г. составит около 270 тыс. т. Однако до сих пор она удовлетворяется лишь на 12 . . .15%. Анализ использования пластмасс в 1961—1971 гг. показал, что 96% общего количества использованных отраслью полимеров составили материалы на основе полиэтилена, остальное в основном поливинилхлорид [5].

Изделия для мелиорации (трубы, муфты, переходники, тройники и т. д.) часто изготовляют из вторичного сырья. Для направленного изменения физико-механических свойств и увеличения ресурсов полиэтилена, в том числе применяемого в мелиорации, часто прибегают к введению различных наполнителей. Основными наполнителями являются: мел, тальк, каолин, сажа, асбест, стекловолокно [7] и др. Для антикоррозионной защиты металлических трубопроводов предложено использовать пленочные материалы на базе наполненного полиэтилена, резко отличающиеся от базового ПНП повышенной адгезией к металлам и пониженным значениям проницаемости по отношению к воде и водным растворам нелетучих электролитов. Вышеуказанные полимерные материалы — вторичное сырье, наполненный полиэтилен, антикоррозионные и хлорированные композиции, поливинилхлорид — могут вызвать повышенный износ перерабатывающего оборудования по сравнению с переработкой базового полиэтилена. Частицы наполнителей могут быть причиной абразивного износа [9], а продукты термической и термоокислительной деструкции полимеров и модифицирующих добавок — химического и электрохимического воздействия (коррозии) [2, 3, 8].

Предприятия полимерного машиностроения уделяют большое внимание технологическим методам повышения долговечности деталей машин для переработки различных полимеров и их композиций [6]. Однако опыт перерабатывающих заводов, а также лабораторные исследования показали, что при переработке некоторых наполненных композиций наблюдается недопустимо интенсивный износ шнеков и цилиндров экструзионных и литьевых

машин [4]. Так, при переработке некоторых партий композиции КП-30 шнек выходит из строя (другими словами, производительность экструдера уменьшается более чем на 50%) в течение 1,5...3 месяцев, при гарантийном сроке службы шнека, изготовленного заводом «Большевик», 36 месяцев в условиях переработки ПНП и ПВП. Для того чтобы своевременно информировать заинтересованные предприятия об ожидаемом износе перерабатывающего оборудования, необходимо оценить новые полимерные композиции, особенно те, выпуск которых намечается в промышленных масштабах. Разработаны способ и методика оценки склонности полимерных материалов к изнашиванию перерабатывающего оборудования.

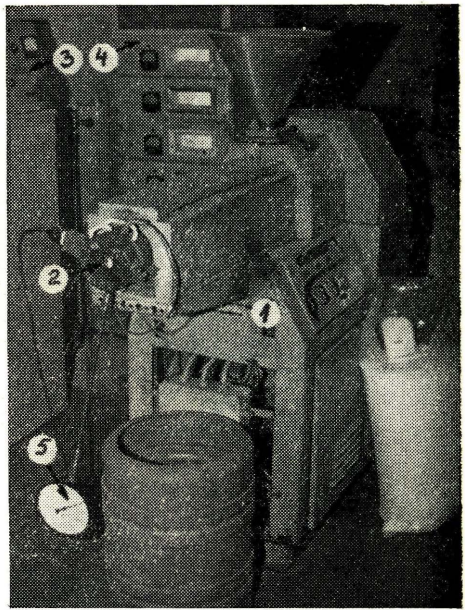

Рис. 1. Установка для оценки склонности полимерных материалов к изнашиванию перерабатывающего оборудования:

1 — экструдер ЧП—32×25; *2* — выходное устройство; *3, 4* — пульты для регулирования вращения шнека и регулирования теплового режима; *5* — манометр для измерения давления расплава в выходном устройстве

Установка для оценки полимерных материалов создана на базе экструдера ЧП-32×25 (рис. 1). К установке приспособлено выходное устройство (рис. 2), конструкция которого позволяет осуществлять одновременное испытание от 2 до 8 образцов, изготовленных из машиностроительных материалов. Расплав оцениваемого полимерного материала продавливается через канал шириной 16 мм, длиной 25 мм. Высота канала при помощи дистанцеров может изменяться, тем самым изменяя и сопротивление выходного устройства в целях достижения необходимых режимов переработки. Полимерный материал оценивается по износу образцов, регистрируемому весовым методом с точностью до 0,01 мг. Рабочая поверхность образцов изучается микроскопически и с помощью профилографа (модели 201).

Для оцениваемого полимерного материала определялись зольность, индекс расплава, снимались дериватограммы на дериватографе системы Ф. Паулик, И. Паулик, Л. Эрдеи. Определялась температурно-временная зависимость уменьшения веса полимерного материала (рис. 3). Абсорбировались летучие компоненты, выделяющиеся при переработке; при помощи pH-метра (модели

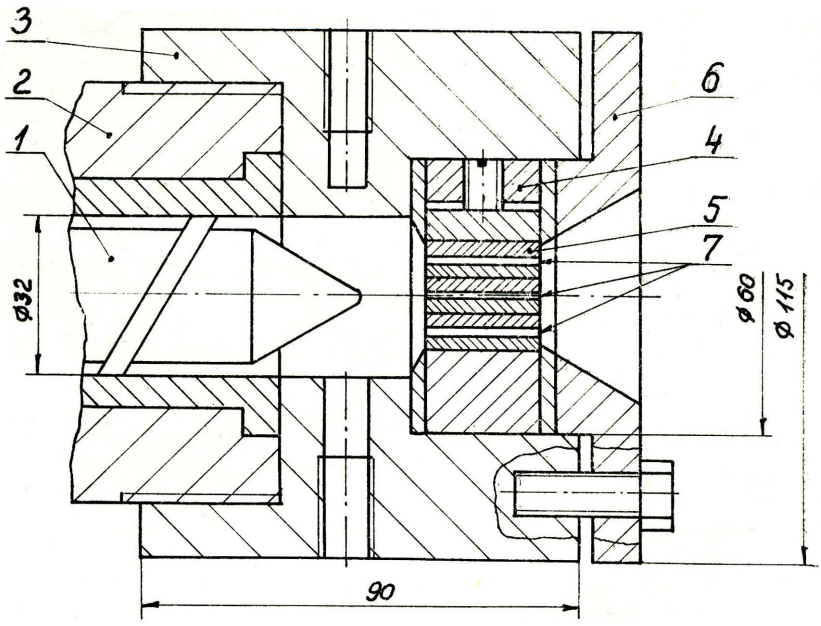

Рис. 2. Выходное устройство:

1, 2 — шнек и цилиндр экструдера; *3* — корпус с гнездами для термопары и манометра; *4* — обойма; *5* — испытуемые образцы (6 штук); *6* — фланец; *7* — выходные каналы

340) контролировалось изменение водородного показателя абсорбирующей среды.

Состав некоторых исследованных полимерных композиций приведен в табл. 1. Режимы переработки выбраны близкими к рекомендованным для соответствующего базового полимера (ПНП или ПВП). Длительность переработки изучаемой композиции в среднем составляла 50 . . . 100 часов, количество — 50 . . . 100 кг. Испытуемые образцы, удельная скорость изнашивания которых взята за основу оценки полимерного материала (табл. 2, 3), изготовлены из стали 2Х13 (в состоянии поставки, НВ 217) и стали 40Х2 НМА (азотированной, h 0,5 . . . 0,7; HRC 40 . . . 45). Зависимости удельного износа образцов от времени в пределах опыта имели прямолинейно возрастающий характер.

Износ образцов при переработке ПНП, ПВП, ПНП+30% мела, ПНП+30% талька, ПНП+20% сажи был незначительным, их рабочие поверхности покрылись тонкой, плотной пленкой. При переработке ряда композиций рабочие поверхности образцов подверглись коррозии преимущественно электрохимического характера (КП-30, СП 107-61) или абразивному воздействию (ПНП+30% асбестовой пыли, ПНП+20% асбеста). Характерные микроснимки таких поверхностей показаны на рис. 4 и 5. Наибольший износ ожидается в случаях переработки полимерных

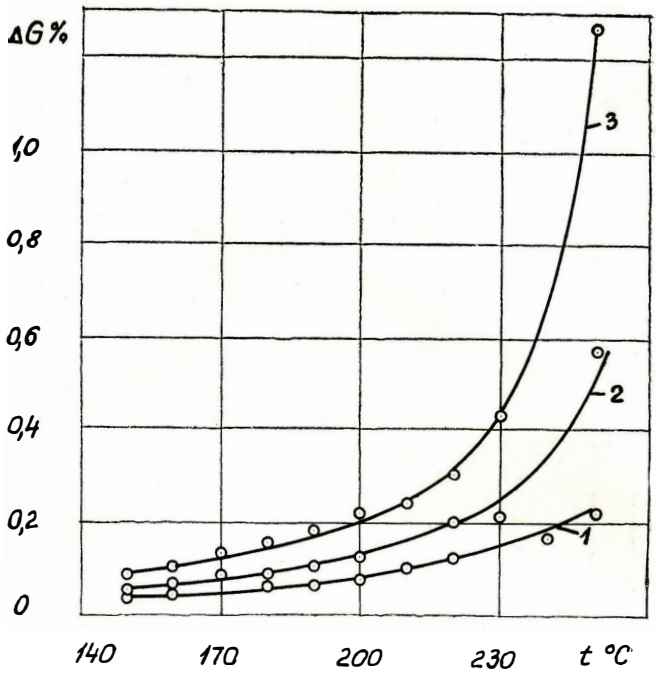

Рис. 3. Уменьшение массы $\triangle G$ полимерного материала СП 107-61 в зависимости от температуры. Точки на зависимостях 1,2 и 3 получены выдерживанием СП 107-61 при данной температуре в течение 30, 60 и 90 мин соответственно

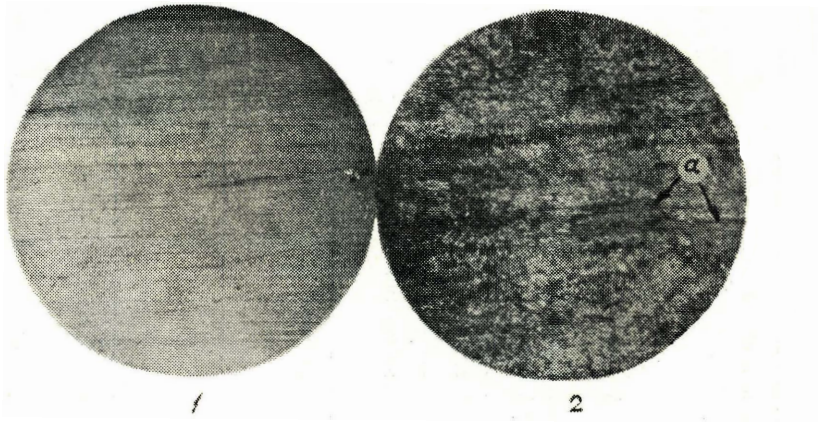

Рис. 4. Микроснимки (х70) рабочей поверхности образца, изготовленного из плазменной наплавки порошка ПГ-ХН80СР3·

1 — до испытания; *2* — после 20-часовой переработки КП-30 (1840 партии); а — остатки исходной рабочей поверхности

Состав и технологическая характеристика испытанных материалов

Таблица 1

Условное обозначение	Состав	Индекс расплава $\bar{I}$*, г/10 мин	Удельный вес d, г/см³
ПНП	Марка 10802—020	2,00	0,92
ПВП	Марка 20606—012	1,20	0,95
ПНП+30% мела	Мел сепарированный марки А — 30% Диафен НН — 0,2% ПНП 10802—020 — остальное	1,57	1,07
ПНП+30% талька	Тальк I сорта — 30% ПНП 10802—020 — 70%	1,55	1,05
ПНП+20% сажи	Сажа газовая ДГ-100 — 20% ПНП 10802—020 — 80%	—	—
ПНП+30% асбестовой пыли	Асбестовая пыль — 30% Нонокс — 0,1% ПНП 10702—020 — остальное	0,86	1,06
ПНП+20% асбеста	Асбест М 640 — 20% Битум — 2% Сантонокс — 0,35% ПНП 10702—020 — остальное	0,92	1,02
КП-30	Каолин — 30% Сажа — 2% Стеарат кальция — 0,1% ПВП 20906—040 — остальное	3,08	1,11
СП 107—61	Церехлор — 5% Таймонокс — 5% Сантонокс — 0,1% ПНП 10702—020 — остальное	2,29	0,94

* Определен прибором ИИРТ (диаметр поршня 9,48 мм, отверстие сопла — 2,06 мм, длина сопла 8 мм) при температуре расплава 190±0,1°С с весом груза 2,16 кг (для ПВП и КП-30 — 5 кг).

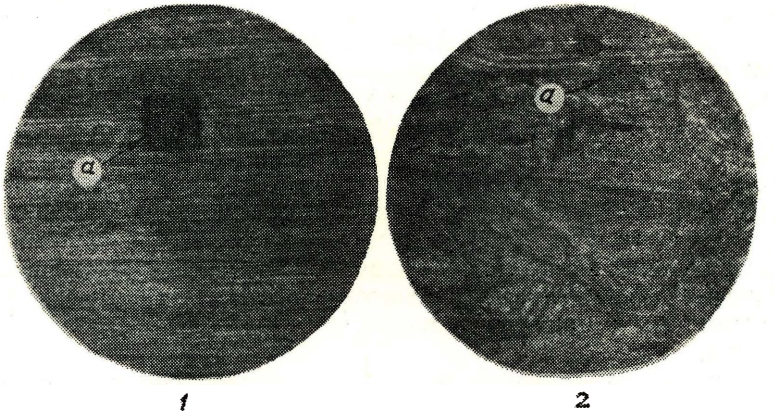

Рис. 5. Микроснимки (х70) рабочей поверхности образца, изготовленного из стали 2Х13:

1 — до испытания; *2* — после 15-часовой переработки ПНП+20% асбеста; а— контрольный отпечаток алмазной пирамидкой твердомера и его остаток

Таблица 2

Удельная скорость изнашивания (u_i /$u_{\text{ПНП}}$) образцов, изготовленных из стали 2Х13

Переработанный полимерный материал	u_i /$u_{\text{ПНП}}$
ПНП	1
ПНП+20% сажи	1,1
ПНП+30% мела	1,2
ПНП+30% талька	1,2
ПВП	4,1
ПНП+30% асбестовой пыли	7,2
КП-30 (1801 партии)	9,5
ПНП+20% асбеста	100
КП-30 (1840 партии)	179

Таблица 3

Скорость изнашивания образцов, изготовленных из сталей 2Х13 ($u_{2\text{Х13}}$) и 40Х2НМА ($u_{40\text{Х2 НМА}}$)

Переработанный полимерный материал	$u_{2\text{Х13}} \cdot 10^3$, мг/(см² · ч)	$u_{40\text{Х2НМА}} \cdot 10^3$, мг/(см² · ч)
ПНП	0,35	0,52
ПНП+30% мела	0,42	0,58
ПНП+20% сажи	0,39	0,63
СП 107—61	—	9,85
КП-30 (1840 партии)	62,7	129,5

материалов на основе химически активного полимера, наполненного более твердым по сравнению с металлом наполнителем (например, полиамид со стекловолокном [10]). Необходимо отметить, что характер износа рабочих поверхностей образцов зависит от скорости течения расплава. Опыты показали, что при переработке композиции СП 107-61 интенсивность коррозионного воздействия обратно пропорциональна профилю скоростей течения расплава в щелевом канале. Наиболее интенсивно корродировали те поверхности, у которых скорость течения расплава минимальна. Следовательно, при конструировании формующих головок экструзионных установок необходимо избегать застойных зон, которые могут быть причиной повышенной коррозии и износа оборудования.

Процесс изнашивания и унос продуктов износа с рабочей поверхности трактуются нами исходя из позиций молекулярно-кинетической теории трения [1]. В случае, когда адгезионная прочность на границе полимер — приповерхностный слой металла и когезионная прочность расплава полимерного материала превышают когезионную прочность приповерхностного слоя, последний разрушается и в виде отдельных частиц уносится потоком расплава.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бартенев Г. М., Лаврентьев В. В.* Трение и износ полимеров. Л., «Химия», 1972, с. 92.
2. *Белоконева Г. И.* и др. Исследование термической и термоокислительной деструкции сшитых и наполненных образцов полиэтилена. — В кн.: Физико-химия полимерных композиций. Киев, «Наукова думка», 1974, с. 160—165.
3. *Белый В. А.* и др. Исследование процессов взаимодействия расплавов полимеров с металлами. В кн.: Доклады АН БССР, т. 14, 1970, 8, с. 716.
4. *Берзиньш Ю. О.* и др. Относительная оценка наполненных полиолефинов по критерию изнашивания материалов перерабатывающего их оборудования. — В кн.: Модификация полимерных материалов. Рига, 1975, с. 205 (РПИ).
5. *Граудиньш А. А.* Вопросы прогнозирования развития применения полимерных материалов в мелиорации и водном хозяйстве. — В кн.: Вопросы технико-экономической эффективности применения полимеров в мелиоративном строительстве. Елгава, 1975, с. 12—21. (ВНИИводполимер).
6. *Месяц Г. А., Нечипоренко В. Г., Коханова О. А.* Надежность машин для переработки пластмасс. Киев, «Техника», 1972.
7. *Рекнер Ф. В., Музыкантова А. И.* Стеклонаполненный полиэтилен низкой плотности для производства мелиоративных конструкций. — В кн.: Полимеры в мелиорации и водном хозяйстве, вып. 2. Елгава, 1975, с. 41—47. (ВНИИводполимер).
8. *Фойгт И.* Стабилизация синтетических полимеров против действия света и тепла. Л., «Химия», 1972.
9. *Knappe W., Mahler W. Kunststoff-Rundschau.* 1972, 19, $^2/_3$, 45.
10. *Roggenbach H., Vogel H.* Verschleiβprobleme bei der Verarbeitung von glasfaserverstärkten Thermoplasten auf Spritzgieβmaschinen. Plastverarbeiter, 1972, 8, 599.

Статья поступила в редакцию 28/IV 1976 г.