

Е.А. Стамбурский, Ю.О. Берзиньш,
В.П. Карливан (докт.техн.наук)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИОЛЕФИНОВ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Внедрение наполненных термопластов в производство сдерживается бытующим мнением о возможном повышенном износе и преждевременном выходе из строя перерабатывающего оборудования. Учитывая, что с каждым годом появляется все больше различных как по базовому материалу, так и по природе наполнителя пластмасс, вопрос об износостойкости рабочих органов перерабатывающего оборудования, а значит, и срок его эксплуатации, приобретает все большее значение. По имеющимся данным [1-4], ведущие зарубежные фирмы ведут поиск решения проблемы повышения износостойкости шнеков и цилиндров в таких направлениях, как разработка новых методов; химико-термическая обработка рабочей поверхности детали (ФРГ); применение нержавеющей кислотостойких сталей и сплавов и создание новых конструкционных материалов для изготовления шнеков и цилиндров (ФРГ); упрочнение рабочей поверхности шнека путем нанесения износо- и коррозионностойких материалов и т.д.

На отечественных заводах "Большевик", "Кузполимермаш" шнеки и цилиндры изготавливают из азотированных сталей 40X2HMA и 38X2MЮА соответственно (табл. 1).

Азотирование как метод упрочнения рабочей поверхности детали имеет ряд недостатков. Это - уменьшение коррозионной стойкости исходного материала; трудность получения одинакового по глубине азотированного слоя; большая продолжительность процесса. По мнению западногерманских специалистов [2],

Табл. 1. Характеристики сталей 40X2HMA и 38X2MЮА

Марка стали	Химический состав, %						
	C	Cr	Ni	Mn	Al	Si	Mo
40X2HMA	0,37... 0,44	0,6... 0,9	1,25... 1,65	0,5... 0,8	-	0,17... 0,37	0,15... 0,25
	0,35... 0,42	1,35... 1,36	0,25	0,3... 0,6	0,7... 1,1	0,17... 0,37	0,15... 0,25
40X2	0,36... 0,44	0,8... 1,1	0,25	0,5... 0,8	-	0,17... 0,37	-

процесс ионного нитрирования в тлеющем разряде, разработанный специально для шнеков и цилиндров, лишен этих недостатков. Экспериментально показано [3], что износостойкость шнека, изготовленного из стали 34CrAlNi7 и упрочненного ионным нитрированием в тлеющем разряде, в 5 – 6 раз выше по сравнению с нитрированием обычным способом шнека из той же стали при переработке той же композиции.

Замену традиционных конструкционных сталей на нержавеющие, кислотостойкие в тех случаях, когда полимер или продукты выделения при его переработке оказывают коррозионное воздействие, предлагают авторы [3, 5].

Применение нержавеющих кислотостойких сталей для изготовления шнеков позволило увеличить срок службы последних в несколько раз. Еще большей износостойкости следует ожидать, по мнению автора [3], если шнеки, изготовленные из нержавеющих сталей, подвергнуть ионному нитрированию в тлеющем разряде.

Несмотря на определенные успехи в разработке специальных методов химико-термической обработки шнеков и цилиндров для увеличения их износостойкости, наиболее эффективным следует считать метод нанесения на рабочую поверхность износостойких и коррозионностойких сплавов. Этот метод усвоен и с успехом применяется в ряде стран. 75% перерабатывающего пластмассы оборудования, изготовленного за последние годы в США и Канаде, имеют стеллированные шнеки и цилиндры биметаллической конструкции [2]. Упрочнение шнека наплавкой стеллитами, применение биметаллической конструкции цилиндра технологически сложнее и дороже азотирования, однако износостойкость деталей экструзионных машин при переработке

наполненных композиций в 8–10 раз выше, чем азотированных [6]. Кроме того, большая глубина упрочненного стеллированием слоя исключает наблюдаемую у азотированных деталей резкую интенсификацию изнашивания при съеме более 30% азотированного слоя.

Исходя из вышеизложенного, можно считать наиболее целесообразным упрочнение гребня шнека методом нанесения износостойкого и коррозионностойкого покрытия.

Для того чтобы ответить на вопрос, имеет ли существенное отличие износ оборудования при переработке наполненных систем по сравнению с базовым материалом, нами была организована серия сравнительных испытаний.

Износостойкость конструкционных углеродистых сталей (см. табл. 1) оценивалась при переработке как базового материала, так и наполненных систем путем стендовых испытаний на изнашивание образцов, размещенных в выходном устройстве экструдера. Конструкция выходного устройства позволила одновременно испытывать до шести образцов. Расплав полимера, подготовленный экструзионным узлом машины, продавливался через щелевые каналы выходного устройства, изнашивая рабочие поверхности образцов. Высота канала (0,4 мм) была выбрана как вполне реальный вариант зазора между гребнем шнека и стенкой гильзы в промышленном оборудовании. Износ образцов регистрировался по потере веса после каждого этапа испытаний на весах ВЛМ-20-М. Рабочая поверхность образцов изучалась с помощью микроскопа и профилографа.

Несомненным преимуществом данной методики является кратковременность опыта и использование небольшого количества полимерного материала (в одном эксперименте до 30 кг).

Работа велась в двух направлениях. С одной стороны, оценивались пластмассы по критерию их способности к интенсификации изнашивания образцов машиностроительных материалов, с другой – износостойкость конструкционных сталей при переработке конкретной композиции.

По ходу испытаний перерабатывались композиции: ПНП, ПНП+30% мела, ПНП+30% сажи, ПВП, ПВП+30% каолина. Режимы переработки выдерживались, согласно требованиям ТУ, для каждого материала. Композиции ПНП+30% мела и ПНП+30% сажи изготавливались в виде опытной партии на Полоцком химическом комбинате. Использовалась композиция ПВП+30% каолина (КП-30). Для проведения исследований применялись две партии (№ 1801 и 1840) композиции КП-30. Как и следовало

ожидать, значительного увеличения износа при переработке наполненной композиции по отношению к базовому материалу не наблюдалось (исключение составили КП-30, 1840-я партия), так как наполнители мел, сажа, каолин значительно мягче стали* и наблюдаемое незначительное увеличение износа (до 15%) можно было объяснить полировочным эффектом наполнителя.

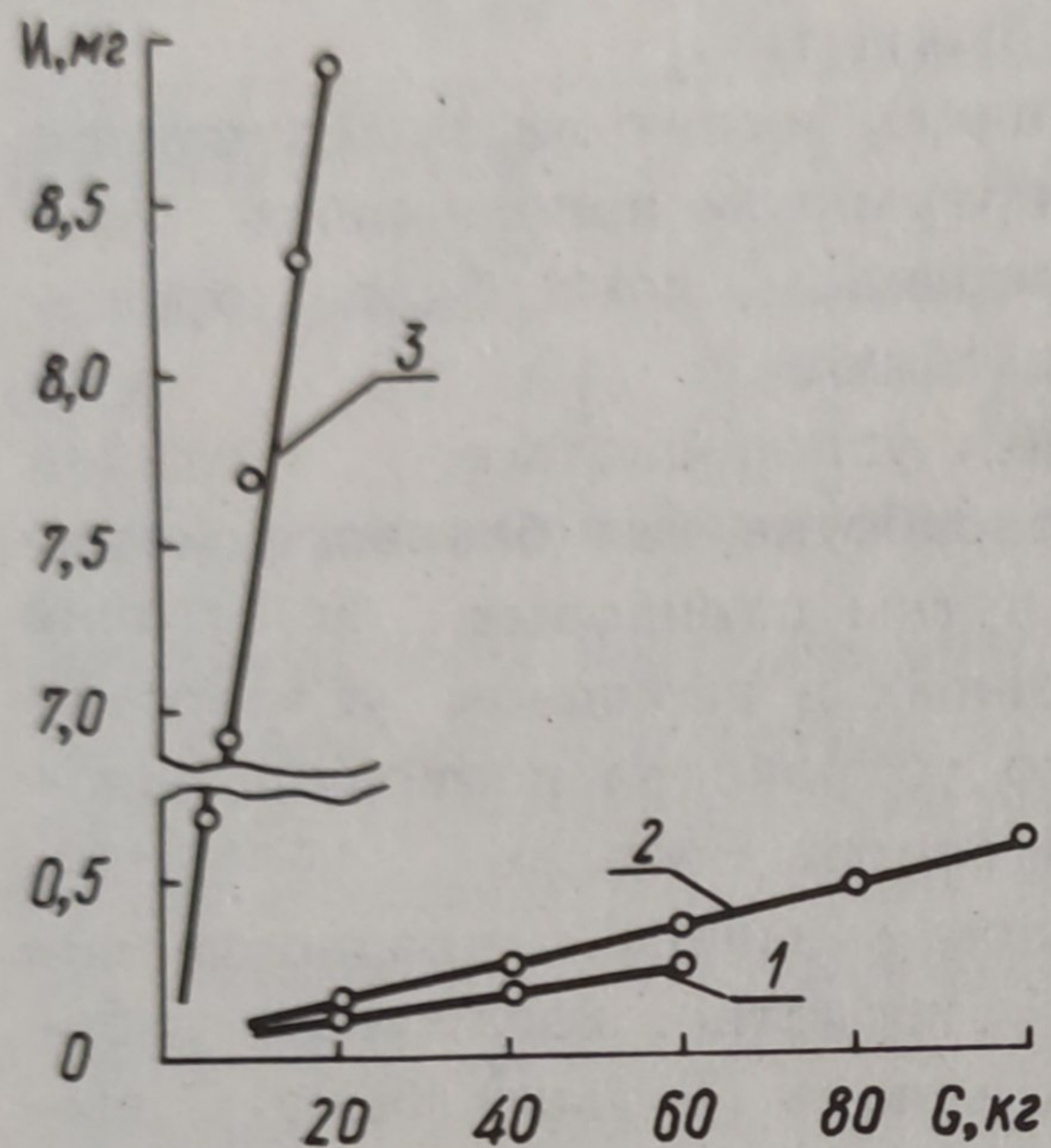


Рис. 1. Износ (И) образца, изготовленного из стали 40Х2НМА, в зависимости от количества (G) переработанного материала: 1 — ПВП; 2 — КП-30; 1801-я партия; 3 — КП-30; 1840-я партия.

При переработке композиции КП-30 1840 партии наблюдалось значительное увеличение износа образцов по отношению к базовому материалу (рис. 1). Судя по дериватограмме этого материала в температурном интервале $100-180^{\circ}\text{C}$, наблюдалось уменьшение веса образца на 0,28% по ДТГ и ТГ. При переработке композиции КП-30 1840-й партии в продуктах выделения было обнаружено наличие хлористого водорода и зафиксирована сильноокислая среда ($\text{pH} \approx 2$). При попытке обнаружить свободную кислоту на поверхности гранул путем кипячения их в дистиллированной воде в течение двух часов не удалось зафиксировать изменения водородного показателя pH воды. Следовательно, наблюдаемое $\text{pH} \approx 2$ среды в условиях переработки вызвано выделением HCl из гранул или расплава. Источником выделения хлористого водорода могут быть как наполнитель (каолин), так и полимер (ПВП).

Исследование микрошлифов на металлографическом микроскопе МИМ-8 показало, что образцы, изготовленные из конструкции-

* По шкале Мооса твердость мела, сажи, каолина соответственно 3, 2, 2-2,5; для стали — 5-8,5.

онных углеродистых сталей, были подвержены структурноизбирательной коррозии, переходящей в сплошную (рис.2,а,б,в).

Химический анализ продуктов взаимодействия образца (ст. 40Х2) и композиции КП-30, 1840-й партии в условиях ее

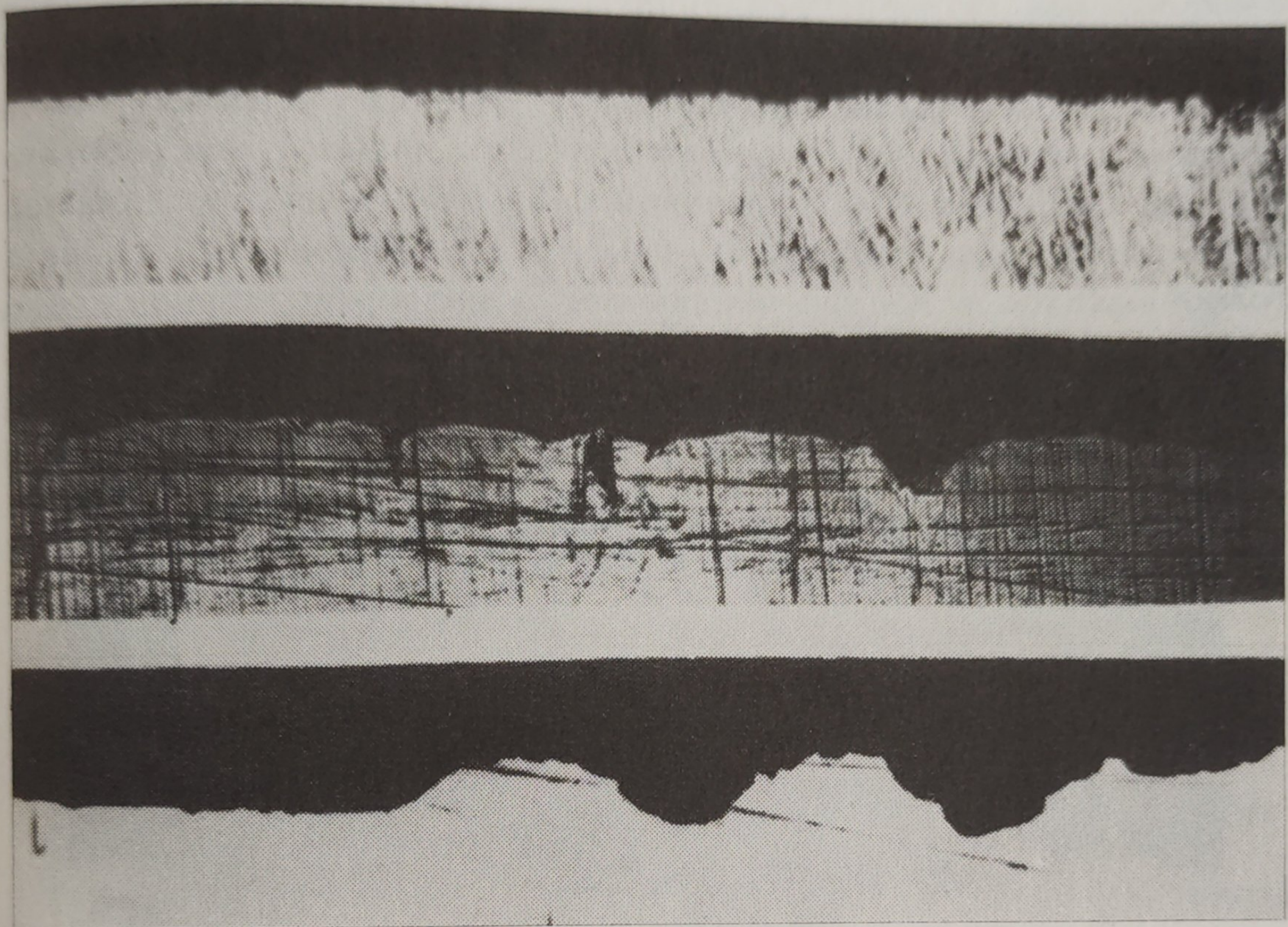


Рис. 2. Состояние рабочей поверхности образца, изготовленного из стали 38Х2МЮА: а — для испытаний; б — после переработки 10 кг композиции КП-30; в — 20 кг КП-30. Шлиф прямой, выполненный перпендикулярно к току расплава полимера вдоль малой стороны канала, X200.

переработки обнаружил увеличение содержания водорода в 2 – 3 раза, т.е. имело место явление наводороживания. Диффузионное проникновение водорода в сталь при металлургических процессах, контакте со средами, содержащими водород, при термообработке и других условиях освещено в литературе [7, 8]. Процесс же наводороживания при переработке полиолефинов отмечен нами впервые.

С одной стороны, имеет место коррозионное воздействие на образцы композицией КП-30 1840-й партии в условиях ее переработки; с другой – обнаруженное явление наводороживания может иметь своим следствием водородный износ. По-видимому, с этих позиций и следует оценивать износостойкость конструкционных углеродистых сталей.

В условиях коррозионного воздействия среды хлористого водорода стойкость конструкционных углеродистых сталей (см.

табл. 1) в соответствии с ГОСТ 5272-68 можно оценить в 9 - 10 баллов. При изучении микрошлифов образца из стали 38Х2МЮА обнаружено, что наряду со сплошной коррозией имеет место образование каверн, объем и расположение которых, очевидно, связаны с распределением скорости течения расплава полимера по сечению канала перпендикулярно к току. Объем каверн в углах канала, где скорость течения расплава минимальна и соответственно время контакта данного микрообъема расплава полимера и сопряженной с ним поверхности образца максимально, был наибольший (рис. 3, а). Объем же каверн, образовавшихся в центре канала или в непосредственной близости от него, где скорость течения максимальна и, следовательно, время контакта минимально, значительно (на порядок) меньше (рис. 3, б).

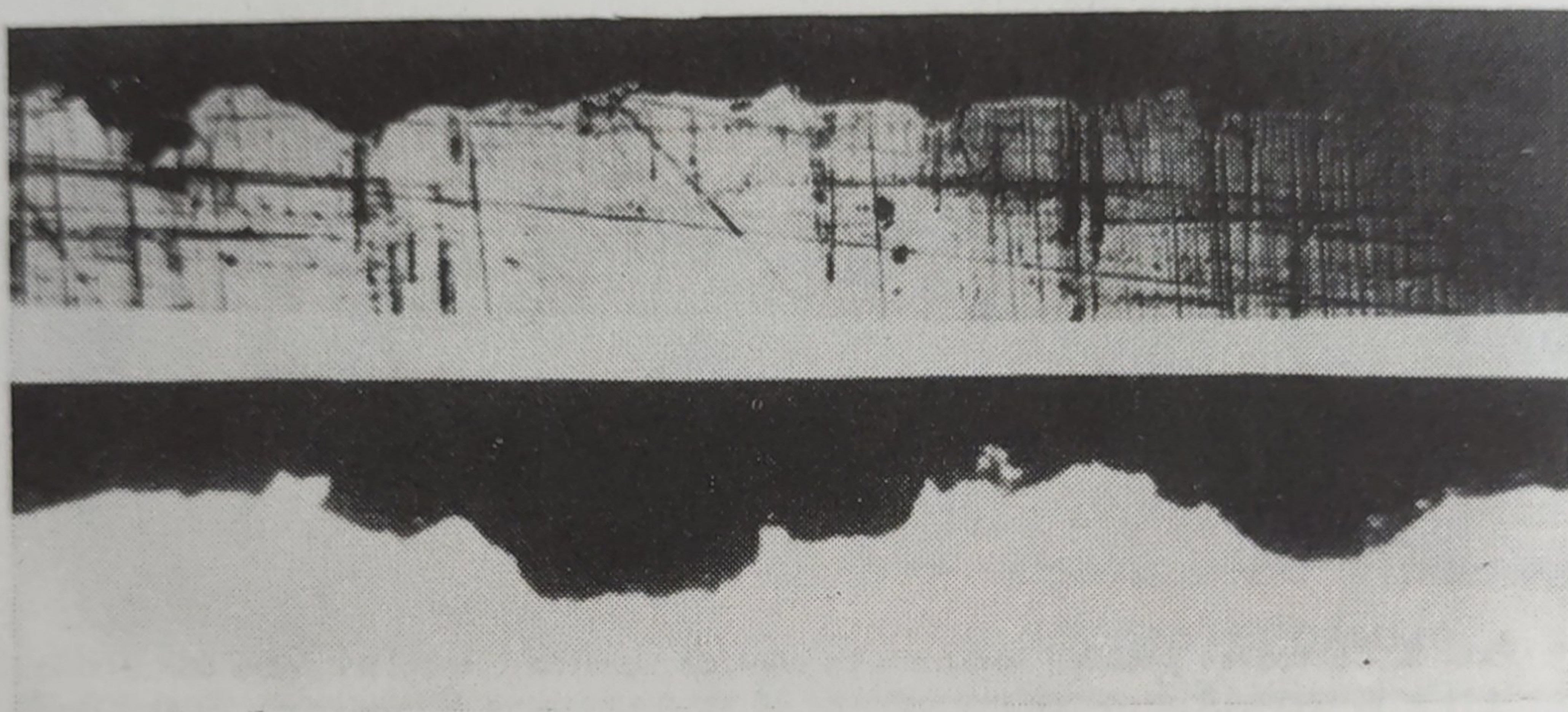


Рис. 3. Каверны, образовавшиеся на поверхности образца, изготовленного из стали 38Х2МЮА, после переработки 20 кг композиции КП-30; а — в непосредственной близости от угла канала; б — в центральной части канала. Микрошлифы в одной плоскости, X200.

Характерным является и то, что формирование коррозионной поверхности происходит с образованием коррозионных полостей, заполненных продуктами коррозии, в частности хлоридом трехвалентного железа.

Износостойкость конструкционных углеродистых сталей оценивалась по удельному износу образцов, рассчитанному по формуле

$$u = \frac{I}{F},$$

где I — износ образца после каждого этапа; F — площадь поверхности контакта образца.

По полученным данным построены зависимости (рис. 4).

Из вышеизложенного следует сделать вывод, что стали 40X2, 40X2HMA, 38X2MЮА с учетом их низкой коррозионной стойкости и подверженности водородному износу не могут быть рекомендованы для применения в оборудовании, предназначенном для переработки композиции КП-30.

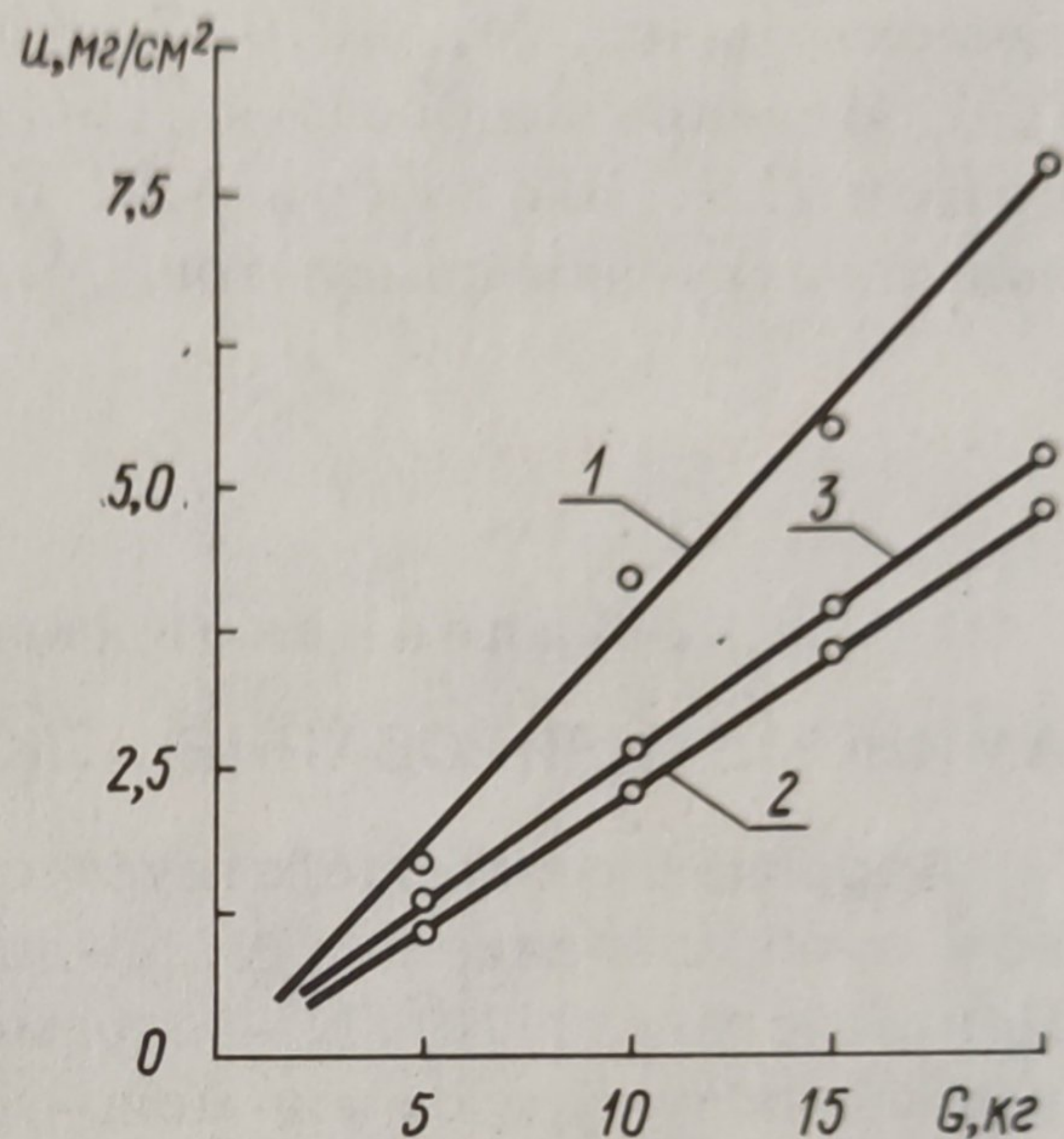


Рис. 4. Удельный износ в зависимости от количества переработанного материала КП-30 образцов, изготовленных из сталей:
1 — 40X2; 2 — 40X2HMA; 3 — 38X2MЮА.

Теперь уже не вызывает сомнения тот факт, что на заводе "Карболит" (г. Кемерово) срок службы шнека, изготовленного из стали 40X2HMA, составляет 1000–1200 ч при переработке композиции КП-30.

В ы в о д

Таким образом, в статье рассматриваются основные сведения по методике ускоренных испытаний на изнашивание машиностроительных сталей. Сообщаются результаты исследований в данном направлении.

Л и т е р а т у р а

1. Lehmann E., Salzmann H. Aufbringen von verschleiß und korrosionsfesten Schichten auf Extruderschnecken durch Flammspitzen. — Kunststoffe, 1972, 62, 1, 10. 2. Lucius W. Verschleißprobleme beim Spritzguss von verstärkten Thermoplasten. — Kunststoffe, 1973, 63, 7, 433. 3. Keller K. Ionitrieren von Schnecken aus rost- und säurebeständigen Stählen. — Plast Verarbeiter, 1972, 23, 1, 1.

4. Kunst H. Neuere Verfahren zum Erhöhen
der Lebensdauer von Schnecken zum Verarbeiten
von Kunststoffen. - Kunststoffe 1971, 62, 11, 726.
5. Verschleiß feste Werkstoffe für die Kunststoffver-
arbeitung. 16. Würzburger Kunststoff - Kolloquium
markiert den heutigen Entwicklungsstand. - Plast Ver-
arbeiter, 1973, 24, 11, 624. 6. Фишер Э. Экструзия пласт-
ических масс. М., 1970. 7. Карпенко Г.В., Крипякевич
Р.М. Влияние водорода на свойства стали. М., 1962. 8. Гар-
кунов Д.Н., Поляков А.А. Повышение износостойкости дета-
лей конструкции самолетов. М., 1974.