

М.А., Спиридонов Н.В., Девойно О.Г., Лазнев В.К. Снижение трещинообразования при оплавлении покрытий из самофлюсующихся сплавов лазерным лучом // Физика и химия обработки материалов/ 1991, №1, с.125-131.3. Гурев Д.М., Медников С.И., Ямщиков С.В., Балашов И.А. Лазерно-ультразвуковое легирование поверхности серого чугуна титаном // Физика и химия обработки материалов/ 1993, №3, с. 109-116. 4. Kykin S.F., Kykin A.S., Devoyno O.G., Kalenik A.M. The analysis of process on laser hardening with the subsequent ultrasonic surfaseplastik deforming // International Conference TOOLS 2002/P/51.

УДК 621.312

Луговой В.П.

## **ВЛИЯНИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ НА КАЧЕСТВО ПОЛИМЕРНЫХ ПОКРЫТИЙ В ПРОЦЕССЕ ЭКСТРУЗИИ**

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Одним из важнейших направлений интенсификации производственных процессов в электротехнической промышленности является использование наукоемких технологий в производственных процессах, среди которых применение ультразвуковых колебаний занимает значительное место. Исследования по использованию ультразвука в процессе вулканизации кабельных изделий и при экструдировании кабельных оболочек высоковязкими эластомерами, проведенные ранее, показали их высокую эффективность. Большой вклад в исследование процесса экструзии внесли М.Калинин и В.М.Соколов (ТомНИКИ) [1, 2], разработавшие и исследовавшие принципиально новые конструкции головок экструдеров с наложением ультразвука, а также предложившие основы математического аппарата для обобщения полученных результатов. В предложенном ими устройстве ультразвуковые колебания возбуждались в рабочей зоне с помощью магнестрикционного преобразователя, соединенного с корпусом головки. Жесткое механическое соединение корпуса с формообразующими инструментами позволило сконцентрировать энергию колебаний в рабочей зоне. Однако значительные массы корпуса и рабочих инструментов экструдера не позволили эффективно использовать энергию ультразвуковых колебаний, в связи, с чем в конструкции было предусмотрено одновременное использование от двух до четырех источников колебаний, что не позволило решить вопрос о направленности действия ультразвука в рабочей зоне. В исследованиях с целью устранения этих недостатков были рассмотрены другие варианты возбуждения направленных колебаний в инструменте посредством одного преобразователя.

Было установлено, что наиболее простой конструкцией является схема с возбуждением изгибных колебаний в дорне.

В связи с этим актуальной задачей является дальнейшая разработка и совершенствование конструкций ультразвуковых экструдеров и методов производства кабельных изделий с термопластовыми покрытиями.

Исследования были проведены по следующим направлениям:

- разработка новой конструкции акустической головки с направленным действием ультразвуковых колебаний в зоне наложения покрытий[3,4];
- исследование оптимальных режимов процесса экструдирования;
- разработка теоретических основ процесса экструзии с применением ультразвука с целью установления математической зависимости производительности процесса виброэкструзии от свойств полимеров и параметров ультразвуковых колебаний.

Предложенная конструкция экструзионной головки представлена на рис. 1.

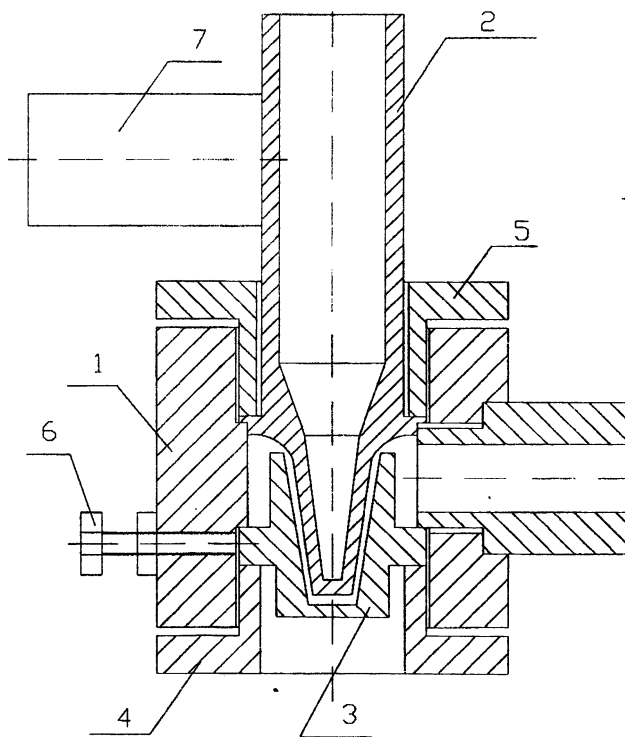


Рис.1. Ультразвуковая экструзионная головка

Она состоит из корпуса 1, формообразующих инструментов: дорна 2 и матрицы 3, фиксируемых фланцами 4 и 5. Центрирование матрицы 3 в корпусе 1 осуществляется с помощью трех болтов 6. Возбуждение изгибных колебаний в дорне осуществляется от волновода продольных ультразвуковых колебаний 7.

Дорн (рис.2.), выполнен в виде полуволнового стержня изгибных колеба-

ний, фланец которого, закрепленный в корпусе головки, располагается в узле изгибных колебаний.

Поперечные размеры ультразвукового дорна максимально были приближены к размерам дорна для традиционной экструзии, чтобы внести наименьшие изменения в конструкции технологического оборудования (рис.3).

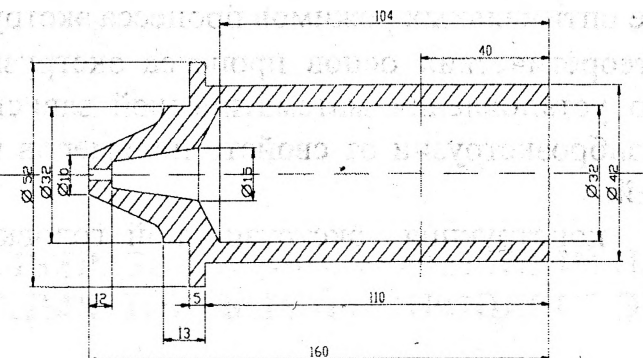


Рис. 1.2. Ультразвуковой дорн

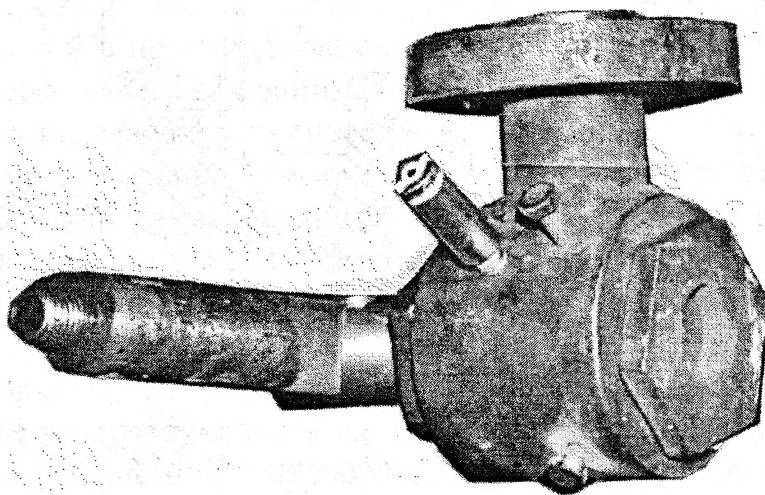


Рис.3. Фотография внешнего вида ультразвукового экструдера

Электрические колебания ультразвуковой частоты, генерируемые источником колебаний, преобразуются в механические колебания преобразователя, и передаются с помощью волновода колебаний на рабочий инструмент - дорн. Рабочий профиль дорна, выполненный в виде конуса, играет одновременно роль трансформатора колебаний, увеличивая интенсивность колебаний в рабочей зоне. Расстояние от второго торца дорна до волновода составило четверть

згибной волны.

Сравнительные испытания производились на машине МЕ-1-90. На токопроводящую жилу сечением 2,4885 мм<sup>2</sup> накладывалась изоляция с толщиной 0,8 мм. В качестве материала изоляции использовались термопластичные материалы, изготавливаемые в России, Румынии и Японии.

Источником электрических колебаний служил генератор УЗГ-2-4М, а преобразование в ультразвуковые колебания осуществлялись в магнитоэстрионном преобразователе ПМС-6 водяным охлаждением. Ультразвукового генератора имел следующие режимы работы: частота колебаний 20 кГц, напряжение U=300 В, ток анода 5 А. Порядок проведения испытаний включал в себя:

- а) установку и наладку экструзионной головки на линии;
- б) вывод экструзионной линии на рабочий режим;
- в) испытание экструзионной линии в процессе наложения изоляции ;
- г) сравнительный контроль качества изоляции.

Результаты сравнительных замеров характеристик изоляции из поливинилхлорида (ПВХ) представлены в табл. 2.1.

Таблица 1

Технические характеристики изделий

Условия испытаний	Диаметр проволоки, мм	Толщина изоляции, мм	Диаметр изоляции, мм	Вес изоляции на длине 0,5 м, гр.	Расход ПВХ на 1 м, гр
Без УЗК	1,77	0,7-0,9	3,2-3,2-3,19-3,12-3,14	3,2910	7,952
	1,77	0,7-0,9	3,21-3,21-3,14-3,22-3,21	3,3068	8,027
	1,76	0,7-0,9	3,15-3,15-3,15-3,18-3,13	3,2862	7,989
	1,76	0,7-0,8	3,19-3,20-3,21-3,22-3,16	3,3025	7,981
	1,76	0,7-0,9	3,18-3,16-3,19-3,19-3,19	3,2885	7,987
С наложением УЗК	1,76	0,7-0,8	3,21-3,21-3,22-3,22-3,21	3,2888	8,014
	1,76	0,8-0,8	3,23-3,22-3,21-3,20-3,21	3,3050	8,101
	1,77	0,7-0,8	3,14-3,16-3,22-3,21-3,22	3,3060	8,033
	1,76	0,8-0,8	3,21-3,22-3,21-3,21-3,22	3,2907	8,035
	1,76	0,7-0,8	3,19-3,17-3,22-3,22-3,15	4,0130	8,026

Результаты испытаний свидетельствуют о повышении точности полимерных покрытий на кабельных изделиях. Благоприятными оказались также и результаты испытаний образцов на деформацию смятия изоляции при наложении колебаний на образцы (таблица 2). Как видно деформация смятия контрольных образцов полученных новым способом уменьшилась.

Таблица 2

## Деформация полимерного материала

Условия испытаний	Деформация смятия до испытаний, мм	Деформация смятия после испытаний, мм
Без УЗК	0,8-0,7	0,5
	0,8-0,8	0,7
С наложением УЗК	0,8-0,8	0,5
	0,9-0,8	0,65

Известно, что наложение УЗК на полимерные материалы приводит к снижению их вязкости [5]. Поэтому в ходе испытаний было предусмотрено также исследование влияния температурного режима при воздействии ультразвука на технические характеристики изделий. Результаты испытаний свидетельствуют о том, что воздействие ультразвуковых колебаний позволяет улучшить ряд физико-механических и электрических характеристик изоляции в результате снижения температуры экструзионной головки и уменьшения степени её воздействия на физико-механические свойства изделий. Данное предположение подтверждается результатами сравнительных испытаний, полученных при температуре головки  $T=150^{\circ}\text{C}$ , и  $100^{\circ}\text{C}$  при воздействии УЗК и температуре  $T = 150^{\circ}\text{C}$  при обычном методе экструзии полимера марки АПВ – 2.5, которые приведены в таблице 3.

Таблица 3

## Технические характеристики изделий

Условия наложения	Диаметр проволоки, мм	Диаметр изоляции, мм	Толщина изоляции, мм	Вес на 1м, гр	Уд. вес, гр/см <sup>3</sup>	Электр. сопротивл. изоляции, Ом	Деформ. сжатия на 2 образца, мм	Водопоглощение, %
$T=150^{\circ}\text{C}$ с УЗК	1,75	3,35	0,8-0,9	8,78	1,2193	$0,75 \cdot 10^9$	0,7	3,1817
$T=100^{\circ}\text{C}$ с УЗК	1,75	3,18	0,8-0,9	9,49	1,295	$0,6 \cdot 10^9$	0,7	3,8439
$T=150^{\circ}\text{C}$ без УЗК	1,76	3,28	0,7-1,0	8,93	1,2669	$0,5 \cdot 10^9$	0,7-0,8	3,1101

Не менее важным является вопрос об установлении оптимального времени воздействия ультразвуковых колебаний на полимерную массу, ввиду воз-

можно отрицательного влияния УЗК при длительном воздействии, которое может вызвать деструкцию материала. С этой целью были проведены лабораторные испытания на полимере ПВХ (рецептура 228) и «СУМИКОН» (Япония). Испытания включали в себя получение полимерного листа в лабораторных вальцах с последующим ультразвуковым воздействием и замер характеристик. Время воздействия УЗК составило 2,5 и 7 с. Результаты испытаний показали, что оптимальное время воздействия зависит от марки полимера. Причем чем лучше физико-механические свойства исходного полимера, тем меньше оптимальное время воздействия ультразвука. Видно, что увеличение времени действия ультразвука приводит к увеличению относительного удлинения при соответствующем снижении предела прочности изоляции, т.е. наблюдается некоторая степень наклепа. Кроме того, время воздействия ультразвуком привело к увеличению веса образцов. Из приведенных данных можно заключить, что наиболее оптимальным режимом является скоростное экструдирование, что в свою очередь позволяет повысить производительность процесса. Результаты испытаний представлены в таблице 4.

Таблица 4

Влияние времени воздействия ультразвука на физико-механические свойства изоляции

Материал изоляции	Время действия УЗК, с	Горючесть, с	Предел прочности, гр/см <sup>2</sup>	Относительное удлинение, %	Вес образца, гр	Потери в массе, %	Поглощение, %
Сумикон	2	3	98,5	111,2	2,17	1,55	10
	5	4	78,1	106,1	2,37	1,34	13
	7	2	73,9	133,3	2,53	1,33	16
228	2	2	82,2	124,2	1,8665	2,72	0,56
	5	1	78,1	118,2	1,9224	3,47	0,53
	7	2	89,7	139,4	2,1485	2,83	0,56

Таким образом, предложенная конструкция головки экструдера и результаты ее испытаний свидетельствуют об эффективности использования ультразвуковых колебаний в процессе экструзии термопластичных материалов, что позволяет повысить производительность и качество продукции. Разработанная конструкция ультразвуковой экструзионной головки, обеспечивает направленность действия колебаний на изоляционный материал при наименьших энергозатратах на возбуждение колебаний в рабочей полости. Ультразвуковое воздействие в процессе экструзии снижает вязкость полимера, позволяет снизить уровень температурного воздействия на головку, улучшить электроизоляционные и физико-механические свойства изделия.

Кабельные изделия полученные методом ультразвуковой экструзии обладают большей стабильностью геометрических параметров, меньшими отклоне-

ниями от номинальных размеров.

Воздействие ультразвука на дорн создает самоцентрирующий эффект на токопроводящую жилу, снижая разнотолщинность покрытия по сечению.

Эффективность воздействия УЗК зависит от вязкостных и акустических (звукопроводящих) свойств термопластичных материалов, интенсивности ультразвукового воздействия. Разработанная математическая модель линейной производительности позволяет установить связь между этими параметрами и расчетным путем определить область параметров технологических и акустических режимов, обеспечивающих повышение эффективности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Калинин В.М. Разработка технологии ультразвуковой виброэкструзии эластомерной электрической изоляции и оболочек кабельных изделий. Автореферат кандидатской диссертации, Томск, 1984г.
2. Соколов В.М. Разработка технологии и оборудования для экструдирования кабельных оболочек из высоковязких эластомеров. Диссертация на соискание уч. степени кандидата технических наук. Томск, 1986г, 227с.
3. Луговой В.П., Садыков С.Н., Буйлин Д.С. Головка экструдера для наложения полимерных оболочек. А.с. СССР № 1356007. Оpub. в БИ №4, 1987г.
4. Луговой В.П., Садыков С.Н. Колебательные системы для виброэкструзии кабельных изделий. Экспресс-информация ТаджикИНТИ, Душанбе, 1987-вып.14.
5. Волков С.С., Орлов Ю.Н., Бекмурзаев А.А. Повышение тепловыделения на контактирующих поверхностях при ультразвуковой сварке жестких пластмасс. Труды МВТУ, 1978, №16.

УДК 621.7

Синькевич Ю.В., Беляев Г.Я., Дроздов П.Г., Янковский И.Н., Брень А.Л.

## ТОЧНОСТЬ ОБРАБОТКИ ПРИ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОМ ПОЛИРОВАНИИ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Для электрохимических методов обработки обеспечение точности является одной из сложнейших задач. Неравномерный съем металла на различных участках сложнопрофильной поверхности детали напрямую связан с пространственно-временной эпюрой локальных скоростей анодного растворения металла и в общем случае характеризуется распределением плотности электрическо-