

УДК 621.9.04

АНАЛИЗ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ УДАРНОЙ ГОЛОВКИ ГОМОГЕНИЗАТОРА FBF 075 И ВОЗМОЖНЫХ ПУТЕЙ ЕЕ ИЗГОТОВЛЕНИЯ С УПРОЧНЕНИЕМ

А.А. ПОТАПОВ

(Представлено: канд. техн. наук, доц. О.П. ШТЕМПЕЛЬ)

В исследовании описывается принцип действия гомогенизирующей ступени и конструктивные особенности её деталей, благодаря которым возникает диспергирование продукта. Раскрыта сущность работы ударной головки и её износа. Проведены исследования химического состава, микроструктуры, а также микродюрметрический анализ материала наконечника ударной головки гомогенизатора FBF 075.

Введение. В настоящее время молочная промышленность превратилась в высокоразвитую отрасль сельского хозяйства и является одной из ведущих в пищевой промышленности страны. Предприятия молочной промышленности располагают современным, высокопроизводительным оборудованием, в том числе поточно-механизированными и автоматизированными линиями. Научно-технический прогресс в молочной промышленности способствует внедрению новых способов обработки и переработки молока на основе применения прогрессивного, наиболее высокопроизводительного оборудования. [1, 2]

Одним из основных видов оборудования в поточно-механизированных линиях по переработке молока является гомогенизатор FBF 075. Гомогенизатор предназначен для дробления жира в молоке, смесях мороженого и сливках, при этом жир не отстаивается, изменяется лишь некоторые физические свойства продуктов (повышается вязкость) и улучшается вкус продукта [1]. Главной и в тоже время быстро изнашивающейся деталью гомогенизатора, благодаря которой достигается дисперсность - является ударная головка (рис. 1).



Рисунок 1. – Внешний вид ударной головки

Принцип действия гомогенизирующей ступени (рис. 2) основан на том, что гомогенизируемая жидкость нагнетается под большим давлением в канал, которое составляет 15–20 МПа, периодически поднимает прижатую ударную головку и с большой скоростью движется через узкую щель между головкой и седлом. Высота клапанной щели при работе гомогенизатора не превышает 0,1 мм, а скорость молока при движении его в щели обычно достигает 150–200 м/сек. При этом молоко подвергается в зоне клапана сильному механическому воздействию, которое и приводит к раздроблению жировых шариков, т.е. к гомогенизации [1].

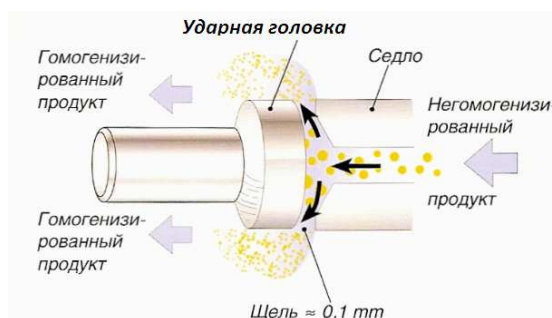


Рисунок 2. – Схема гомогенизирующей ступени

Ударная головка и седло непосредственно обеспечивают дробление и равномерное распределение в молочном продукте жировых шариков. По своей природе многие компоненты молочных продуктов и моющих растворов являются поверхностно-активными веществами (ПАВ) которые, как известно из фундаментальных исследований, интенсифицируют процессы пластического деформирования и изнашивания металлов. Каждая из рабочих поверхностей этих деталей имеет свои особенности изнашивания. Они изнашиваются от перемещающегося по ним продукта, поэтому на поверхностях формируются раковины, которые ориентированы вдоль направления перемещения продукта и могут быть отнесены к химико-механическому изнашиванию, которое соответствует окислительному изнашиванию, протекающему при высоких давлениях и наличии ПАВ. Наиболее интенсивному изнашиванию подвержена запорная фаска ударной головки, на которой четко просматривается деформация материала за пределы фаски. Более того, процессы пластического деформирования настолько разрушительны, что приводят к отслоению материала. Последнее обуславливает нарушение режима гомогенизации (рис. 3) [3].

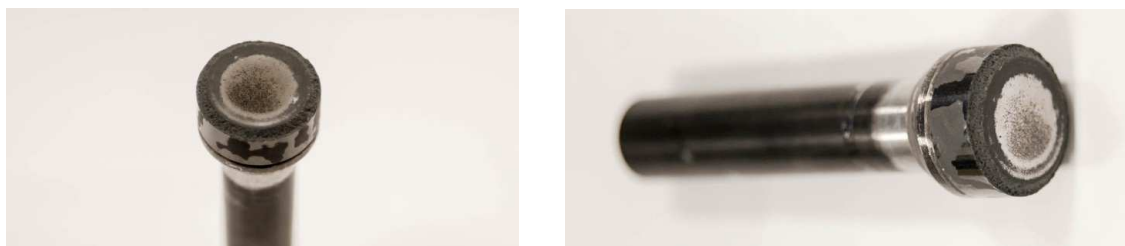


Рисунок 3. – Внешний вид изношенной ударной головки, бывшей в эксплуатации

Изнашивание запорной фаски ударной головки происходит главным образом из-за явления под названием кавитация. Обычно это явление происходит в тех случаях, когда абсолютное давление в какой-нибудь области жидкости упадет ниже некоторого критического значения давления, при котором возникают разрывы сплошности жидкости и образуются каверны, заполненные парами или газами. Часто давление совпадает с давлением насыщенных паров жидкости при данной температуре, и возникновение кавитации может трактоваться как явление вскипания жидкости, обусловленное повышением температуры или понижением давления. После вступает в силу эрозия- это механическое разрушение поверхности материала, вызываемое гидравлическими ударами, возникающими при быстром сжатии, а за тем взрывом кавитационных каверн, именно они вызывают в материале разрушения, причиной которых, возможно, являются усталостные процессы. [4, 5]

В работе исследовалась изношенная ударная головка гомогенизатора FBF 075 были выполнены:

- исследование особенностей конструкции ударной головки,
- определен химический состав материалов ее различных частей,
- исследование микростроения материала,
- микродюрметрический анализ материала.



Анализ конструкции ударной головки гомогенизатора FBF 075 после продольно-поперечного разреза видим, что ударная головка состоит из двух частей наконечника и корпуса (рис. 4).



Рисунок 4. – Разрез изношенной ударной головки, бывшей в эксплуатации:
а – наконечник; б – корпус

Химический состав частей ударной головки гомогенизатора FBF 075 определяли методом спектрального анализа, который был проведен при помощи спектрометров двух марок: Pmi-masterplus и ThermoNitonXL2. Общий вид и краткое описание приборов приведено в таблице 1.

Таблица 1. – Общий вид и краткое описание спектрометров

Общий вид	Краткое описание
Thermo Scientific Niton XL2 	Рентгенофлуоресцентные спектрометры серии XL2 фирмы Thermo-Niton используются для подсчета неразрушающим способом показателей массы химических элементов в твердых, жидких, порошкообразных материалах и веществах. РФА спектрометры используются в горнодобывающей, металлургической, геологической и химической отраслях промышленности, связанных с добычей и переработкой металла, лома и горных пород.
PMI-master plus 	Для измерения массовой доли химических элементов в металлах и сплавах и применяются в аналитических лабораториях промышленных предприятий, в цехах для быстрой сортировки и идентификации металлов и сплавов и для анализа больших конструкций без разрушения.

Результаты спектрального анализа представлены в таблице 2.

Таблица 2. – Химический состав сплавов ударной головки гомогенизатора FBF 075

Часть ударной головки	Химический элемент	Содержание, %
Наконечник 	Cr	6,52
	Mo	0,365
	Fe	2,22
	Ni	3,49
	Ta	0,535
	W	86,57
Корпус 	Fe	62,0
	Nn	0,982
	Cr	23,1
	Ni	12,2
	Cu	0,400
	Ti	0,0316
	Si	0,324

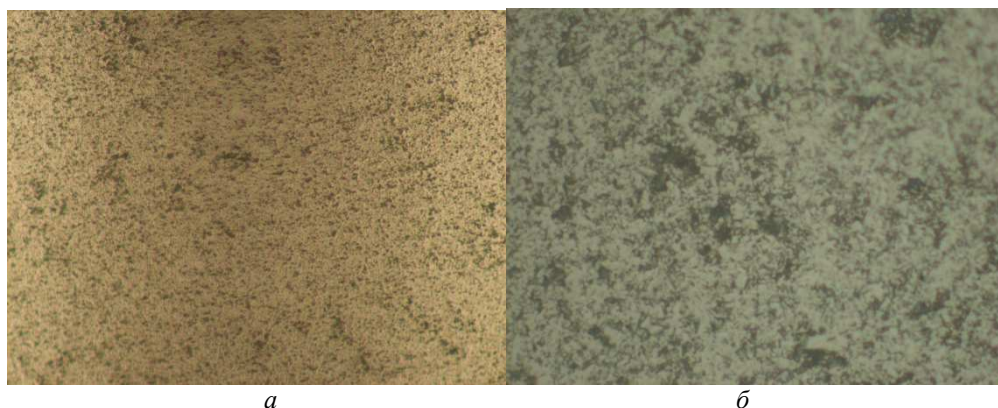
Анализ полученных данных по химическому составу (таб. 2.) свидетельствуют, что наконечник ударной головки изготовлен из твердого сплава на основе вольфрама, а корпус из хромоникелевой коррозионностойкой стали.

Анализ микроструктуры материала наконечника ударной головки проводили на инвертированном металлографическом микроскопе Nikon "Epihot200" (рис. 5).



Рисунок 5. – Инвертированный металлографический микроскоп Nikon "Epihot200"

Анализ микроструктуры позволил установить, что исследованный материал имеет характерное для сплавов на основе вольфрама полученных методами порошковой металлургии строение (Рис. 6). Подобные сплавы применяются для обеспечения высоких механических свойств для ответственных деталей работающих в тяжелых условиях [6].



**Рисунок 6. – Микроструктура материала наконечника:
а – при кратном увеличении x200; б – при кратном увеличении x1000**

Измерения микротвердости материала наконечника ударной головки на основе вольфрама проводили по стандартной методике на полуавтоматическом микротвердомере BUEHLER Model No 1105D (рис. 7).



Рисунок 7. – Твердомер BUEHLER Model No 1105D

Твердость измеряли по Виккерсу (HV) путем вдавливания правильной четырёхгранной алмазной пирамиды с углом 136° между противоположными гранями. Среднее значение твердости получили 1100 (HV), что подтверждает предположение об применении в данном случае сплава на основе вольфрама полученного методами порошковой металлургии.

По известным данным в условиях кавитационного износа можно применить и другие кавитационно-стойкие материалы такие как: мартенситные нержавеющие стали, алюминиевая бронза, сплавы карбида титана, карбида вольфрама, титановольфрамовые твердые сплавы, монель-металл, мартенситно-старяющиеся стали с низким содержанием углерода и т.д. [7], а для повышения прочностных характеристик поверхностного слоя используют следующие виды упрочнения, такие как ХТО, а точнее борирование, диффузионное хромирование, азотирование, цементация и нитроцементация. Кроме ХТО возможно использование обработки высококонцентрированными потоками энергии, такими как обработка лазером, плазмой, электроискровым и электронно-лучевым упрочнением [8].

В результате проведенной работы установлен механизм изнашивания ударной головки гомогенизатора FBF075. Установлено, что оригинальная импортная, дорогостоящая головка состоит из 2-х частей корпуса и наконечника. Корпус изготовлен из высоколегированной коррозионностойкой хромоникелевой стали. Наконечник являющейся более ответственной частью детали обеспечивающей её работоспособность, изготавливается из сплава на основе вольфрама легированного хромом, никелем, железом и другими химическими элементами, методом порошковой металлургии. Сделано обоснованное предположение о возможности изготовления ударной головки на предприятиях Р.Б. с применением современных материалов и способов их упрочнения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сурков В.Д. Липатов Н.Н., Барановский Н.В. Технологическое оборудование предприятий молочной промышленности – 2-е издание, М.: Легкая и пищевая промышленность. 1970. – 547 с.: ил.
2. Крусь Г.Н. Тиняков В.Г. Фофанов Ю.Ф. Технология молока и оборудование предприятий молочной промышленности. М.: Агропромиздат. 1986. – 280 с.
3. Удовкин А.И., Назаров И.В., Толстоухова Т.Н. Гомогенизаторы для молока и молочных продуктов: монография / – Волгоград: АЧИИ ФГБОУ ВО Донской ГАУ, 2016. – 187 с.
4. Арзуматов Э.С. Кавитация в местных гидравлических сопротивлениях. – М.: Энергия, 1978. – 304 с.: ил
5. Пылаев Н.И., Эдель Ю.У. Кавитация в гидротурбинах. Л., “Машиностроение” (Ленинградское отделение), 1974. – 256 с.
6. Чувильдеев В.Н., Нохрин А.В., Москвичева А.В., и др. Описание к патенту № RU 2442834 С2. Способ улучшения механических свойств порошковых изделий из тяжелых сплавов на основе вольфрама и порошковое изделие с механическими свойствами, улучшенными этим способом. 2009 г. 9 с.: ил.
7. Пирсол И., Кавитация. Пер. с англ., Журавлева Ю.Ф. Ред., предисл. И дополн. Эпштейна. – М.: Мир, 1975. – 95 с.: ил.
8. Белевитин, В.А. Упрочнение и восстановление деталей машин: справочное пособие / В.А. Белевитин, А.В. Суворов. – Челябинск: Изд-во Челябинск. Гос. пед. ун-та, 2015. – 263 с.: ил.