

УДК 621.785.539

## ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЖУЩЕГО МЕХАНИЗМА МЯСОИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

*В.И. Пахадня*

Рассмотрена проблема повышения износостойкости режущих инструментов при первичном измельчении мясного сырья. Исследовано влияние различных методов ХТО (химико-термической обработки), влияющих на износостойкость и энергетические характеристики процесса измельчения. Предложены способы повышения износостойкости и надежности рабочих органов мясоизмельчительных механизмов. Разработаны новые технологии упрочнения режущего инструмента волчков и ножей.

### Введение

Одна из важнейших задач на мясоперерабатывающих предприятиях является повышение качества мясной продукции и ее пищевой ценности, более полное использование сырья. Только постоянное совершенствование всех технологических процессов, проведение их в оптимальных режимах позволят решить главную задачу.

При изготовлении колбасного фарша одной из основных технологических операций является измельчение мяса, т.е. его механическая обработка. Поэтому проблемы повышения долговечности и надежности режущих механизмов являются достаточно актуальными.

Рабочие органы мясоизмельчительных механизмов должны обладать повышенной стойкостью к износу, чтобы продукты износа не попадали в перерабатываемое сырье, чем снижая его пищевую ценность. Следовательно, повышение его износостойкости рабочих органов мясорубок является одним из существенных резервов снижения эксплуатационных затрат за счет увеличения эксплуатационной надежности и долговечности режущих механизмов.

Надежная работа режущего механизма в значительной степени зависит от износостойкости деталей (ножей и решеток). При этом значительное влияние на изнашивание и режущую способность режущих компонентов оказывает скорость относительного скольжения и нормальное давление в зоне измельчения продуктов.

Испытания с использованием серийно выпускаемых ножей и решеток показали, что при увеличении силы прижатия или с повышением скорости скольжения износ механизмов резания увеличивается, так как поверхности трения покрываются язвами, глубокими царапинами. В этом случае происходит схватывания (заедание) между трущимися поверхностями, на поверхностях трения происходит межмолекулярные образования металлических связей, их разрушение и налипание на поверхностях трения. Это ведет к возрастанию износа и резкому увеличению коэффициента трения.

На предприятиях мясоперерабатывающей промышленности широко используются волчки типа Кв-ФВЗП-200 и МП-1-160, а также мясорубки типа МИМ. При этом режущие механизмы имеют ряд весьма существенных недостатков: недостаточная эксплуатационная надежность и низкая долговечность конструкций ножей и решеток. Долговечность режущих инструментов определяется, главным образом, износостойкостью инструмента [1].

Режущий инструмент изготавливается из инструментальных сталей У8, 9ХС и др. с твердостью HRC<sub>3</sub> 55–62.

В [1] отмечается увеличение износостойкости ножей и решеток, обработанных при низких температурах с помощью жидкого азота. Однако обработка жидким азотом позволяет увеличить твердость быстрорежущих сталей до HRC<sub>3</sub>65.

Анализ эксплуатации режущего инструмента показывает, что основной причиной выхода из строя является механо-окислительный износ, который проявляется в затуплении и завале режущих кромок.

Для уменьшения износа целесообразно применять довольно эффективные способы уп-

рочнения, такие как диффузионное хромирование и борирование [2]. Использование химико-термической обработки позволяет получить достаточно высокую вязкость сердцевины с высокой (HRC<sub>Э</sub> 70–80) поверхностной твердостью стальных изделий.

Целью настоящей работы является анализ и сравнение износостойкости ножей и решеток мясорубок, упрочненных различными способами.

### Результаты исследований и их обсуждение

В лабораторных условиях нами были проведены исследования по упрочнению режущего инструмента из сталей У8, 9ХС диффузионным борированием и хромированием. Известны различные способы борирования стальных изделий [3].

При борировании за основу взят наиболее экономичный метод из пасты состава, содержащей компоненты в следующем соотношении по массе (%):

Карбид бора (B <sub>4</sub> C)	40
Бура (Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O)	40
Барий хлористый (BaCl <sub>2</sub> )	20

Сущность процесса борирования из паст заключается в предварительном нанесении на обрабатываемую поверхность слоя борсодержащего вещества необходимой толщины. Борсодержащая смесь порошков наносится на поверхность с различными связующими, обеспечивающими надежное сцепление состава с поверхностью.

Применительно к режущим механизмам наиболее удобен способ нанесения из порошков, так как насыщающей порошковой смесью можно засыпать обрабатываемые детали. При этом обрабатываемые детали укладываются в контейнер из жаростойкой стали с предварительной засыпкой на дно контейнера порошковой борировочной смеси толщиной 10–15 мм. Последний уложенный ряд деталей засыпается борировочной смесью. Детали могут располагаться в контейнере вплотную друг к другу, однако зазоры между ними должны быть заполнены смесью. После этого в контейнер засыпается чугунная стружка так, чтобы верхний над деталями слой имел толщину 40–50 мм. Подготовленный таким образом контейнер загружается в печь, нагретую до температуры борирования.

Принципиально закалку борированных деталей возможно производить с температуры борирования. Однако для улучшения структуры основы закаливаемых деталей рекомендуется закалка с повторного нагрева. Нагрев упрочненных ХТО деталей под закалку необходимо проводить под слоем чугунной стружки (толщиной 10–20 мм).

Необходимые свойства упрочненных деталей формируются в процессе закалки. Поэтому рекомендуются проводить низкий отпуск при 180–220°C только для снятия напряжений. При этом твердость основы после отпуска должна быть не ниже HRC<sub>Э</sub> 50–55.

Одним из наиболее удобных и простых способов диффузионного хромирования для производства является способ газового хромирования, осуществляемый контактным методом в порошках [4].

Выбор состава для хромирования основывался на недефицитности и низкой стоимости хромсодержащего компонента и, главным образом, простоте и экономичности процесса. Таким требованиям отвечают алюмотермические смеси [5].

В качестве основного компонента в этих смесях используют оксид хрома, а в качестве восстановителя – алюминий. Нами для восстановления оксида хрома использовалась алюминиевая пудра. Для активизации процесса применили хлористый аммоний.

При хромировании применялся состав, содержащий компоненты в следующем соотношении по массе (%): 90% Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>+10% алюминиевой пудры с добавлением 1% активатора хлористого аммония. Этот состав обеспечивает максимальную твердость диффузионного слоя (рисунок 1). При изучении кинетики хромирования учитывали возможность использования двух технологических вариантов; хромирования из пасты вертикальных или фасонных поверхностей и хромирования из порошковой засыпки для случая обработки изделий с простой поверхностью или небольших размеров.

Хромирование из паст осуществляли со связующим (вода).

Кроме того, учитывали углеродный потенциал в стали, подвергая обработке сталь У8. Это необходимо из-за специфичности механизма формирования карбидного слоя. Карбиды хрома в слое, обладая плотноупакованной структурой, вызывают затрудненную диффузию углерода из объема к поверхности особенно хрома от поверхности в основу. Поэтому диффузионный слой растет от поверхности за счет преимущественной диффузии углерода из стали и подвода хрома из насыщающей среды. Очевидно, что содержание углерода в стали при таком механизме необходимо учитывать в кинетических исследованиях.

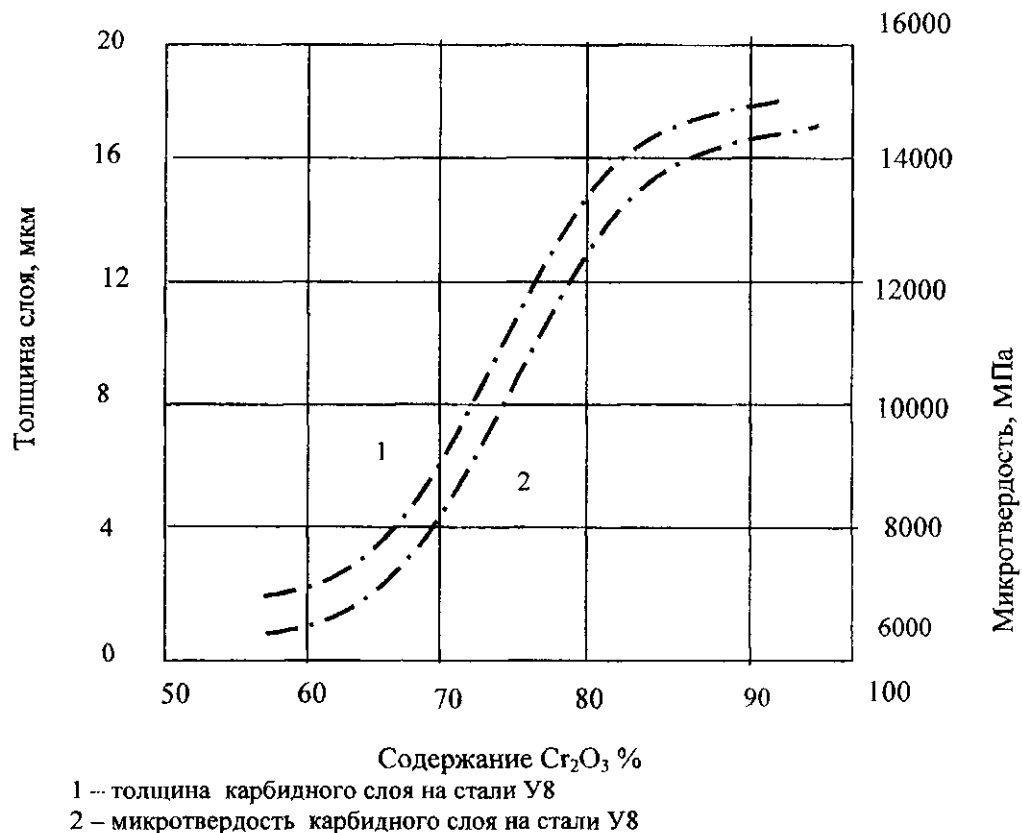
Хромирование осуществляли под слоем чугушной стружки, необходимая толщина которой была определена экспериментально.

Необходимо отметить, что хромирование стали У8 из пасты эффективно только начиная с температуры 1000°C. Хотя микротвердость слоя и в этом случае низка.

Хромирование из засыпки позволяет получить более высокие значения толщины слоя и микротвердость как на стали У8, так и на стали 9ХС.

Шероховатость обрабатываемой поверхности при хромировании ухудшается в случае, если исходная чистота была выше 8 класса. Поэтому при необходимости улучшения чистоты обрабатываемые поверхности ее нужно доводить притирочными пастами.

Основными фазами в полученных слоях являются  $Cr_{23}C_6$  и  $Cr_7C_3$ .



**Рисунок 1 — Влияние содержания  $Cr_2O_3$  на толщину и микротвердость диффузионного слоя**

Металлографический анализ осуществлялся на микроскопах «Unimet», ПМТ-3, изучение фазового состава полученных диффузионных слоев проводилось на дифрактометре «Дрон-3» с использованием характеристического излучения  $CO_{K\alpha}$ . Регистрация дифрагированного рентгеновского излучения осуществлялась на диаграммной ленте самописца КСП-4.

Установлено, что основными факторами, влияющими на процесс диффузионного борирования, является температура и время (рисунок 2).



Рисунок 2 – Кинетика борирования

В зависимости от параметров процесса борирования в той или иной степени происходит укрупнение зерна в переходной зоне. Размер зерен в этой зоне в 2–4 раза превышает размер зерен основы и соответствует 2–3 баллам, однако при последующей термической обработке на заданную твердость сердцевины изделия неоднородность зерна выравнивается и зависит от температуры закалки.

По данным металлографического и рентгеноструктурного анализов борирование при температуре 850°C приводит к получению однофазных ( $Fe_2B$ ) слоев, а при температуре 950–1050°C – двухфазных ( $FeB+Fe_2B$ ) независимо от времени выдержки. При этом толщина боридного слоя изменяется от 10 до 170 мкм. С увеличением температуры и времени обработки толщина слоя возрастает (рисунок 2).

Измерение микротвердости боридных слоев производили на поперечных шлифах при нагрузке 0,981 Н согласно ГОСТ 9450-81. Анализ полученных данных показывает, что микротвердость боридного слоя не изменяется с увеличением толщины и составляет 12000–1400 МПа для фазы  $Fe_2B$ .

При двухфазовом борировании микротвердость высокобористой фазы  $FeB$  не зависит от режимов насыщения и находится в пределах 19000–20000 МПа.

Сравнивая полученные результаты по микротвердости хромированных слоев (рисунок 1), видно, что они сопоставимы с микротвердостью боридных слоев, полученных при температуре насыщения 850°C. Однако толщина полученных диффузионных хромированных слоев не превышает 20 мкм.

В отличие от борирования механизм формирования карбидных хромированных слоев на углеродистых сталях включает встречную диффузию углерода из основы стали и хрома из насыщающей среды. Различие в коэффициентах диффузии этих компонентов определяет преимущественный рост карбидного слоя в том или ином направлении [6].

Образование диффузионных хромированных слоев небольшой толщины, по сравнению с боридными слоями, по-видимому, связано с тормозящей ролью карбидов хрома, которые препятствуют диффузии хрома из насыщающей среды в глубь стали.

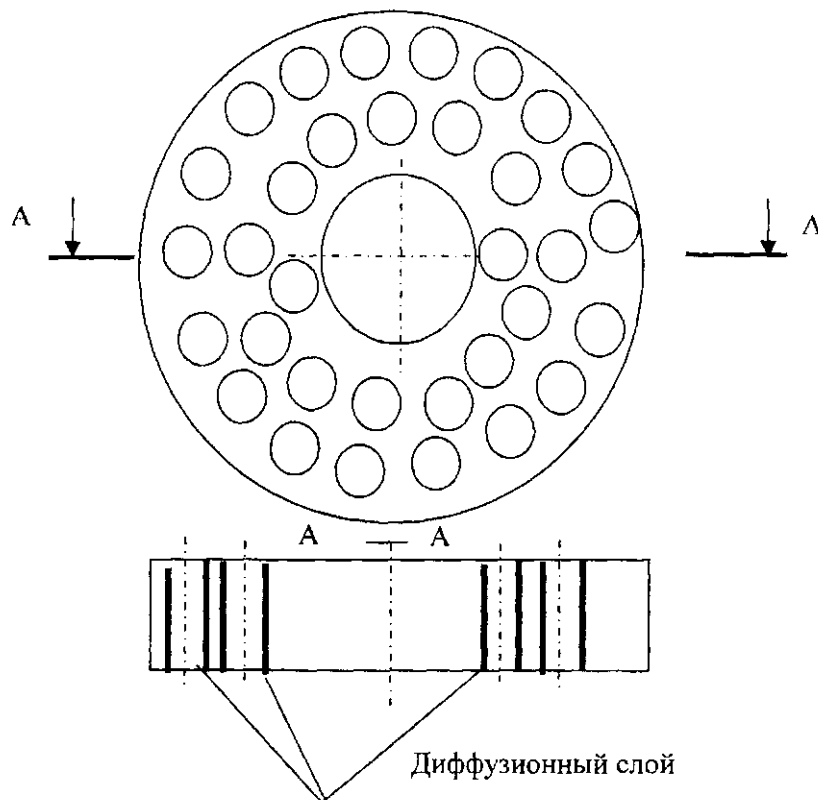
В ряде случаев величина допустимого износа на сталях значительно превышает толщину боридных слоев. Получение работоспособных диффузионных слоев большой толщины (более 200 мкм) затруднен традиционными методами, так как с увеличением толщины боридного слоя резко возрастает его хрупкость и уменьшается прочность сцепления с основой [7], кроме этого при перешлифовке инструмента диффузионный слой на режущих кромках

может скалываться.

Для оценки работоспособности боридных слоев проведены испытания на хрупкость методом вдавливания в борированную поверхность стального шарика. Хрупкость оценивали по нагрузке, при которой на поверхности появлялись трещины, фиксируемые с помощью микроскопа. При нагрузке на шарик до 1000 Н в боридных слоях микротрещин не наблюдалось. Однако шлифование упрочненных решеток по контактирующим поверхностям (условие перезаточки) выявило, что на боридных слоях толщиной более 100 мкм по кромкам отверстий появляются микротрещины и сколы.

Учитывая полученные результаты, износные испытания проводили только на деталях с толщиной боридных слоев 40–90 мкм.

При шлифовании образцов, упрочненных диффузионным хромированием, микротрещины и сколы не выявляются. Износные испытания боридных и хромированных диффузионных слоев, полученных на сталях У8, 9ХС, исследовались в условиях механо-окислительного износа (без подачи в зону трения смазки) при трении пары решетка-решетка. Перед испытаниями все образцы подвергали термообработке на HRC<sub>3</sub>58 с последующим шлифованием по плоскости контакта, что позволяет сохранить диффузионные слои только по кромкам отверстий. Испытания проводились при скорости скольжения 1,8 м/с и нагрузке 1,5 МПа. Износ оценивался по потере веса как среднее значение из пяти испытаний (рисунок 3).



**Рисунок 3 – Образец решетки  
для испытаний по износостойкости**

Анализ полученных данных показывает (рисунок 4), что наибольшей износостойкостью обладают боридные слои, сформированные при температуре 950<sup>0</sup>С. Это объясняется повышенной твердостью полученных двухфазных покрытий (FeB + Fe<sub>2</sub>B). Износостойкость таких слоев, полученных на сталях У8, 9ХС, в 4–6 раз выше, чем износостойкость этих сталей после традиционной термообработки на HRC<sub>3</sub>62. Износостойкость диффузионных хромированных слоев несколько меньше, но также является достаточно высокой.

Необходимо отметить, что после проведения процессов диффузионного борирования об-

разцы очищают от остатков пасты кипячением в воде в течение 1 часа, на хромированных изделиях налипание порошка отсутствует, кроме этого хромированные слои достаточно хорошо защищают отверстия в решетках от коррозии.

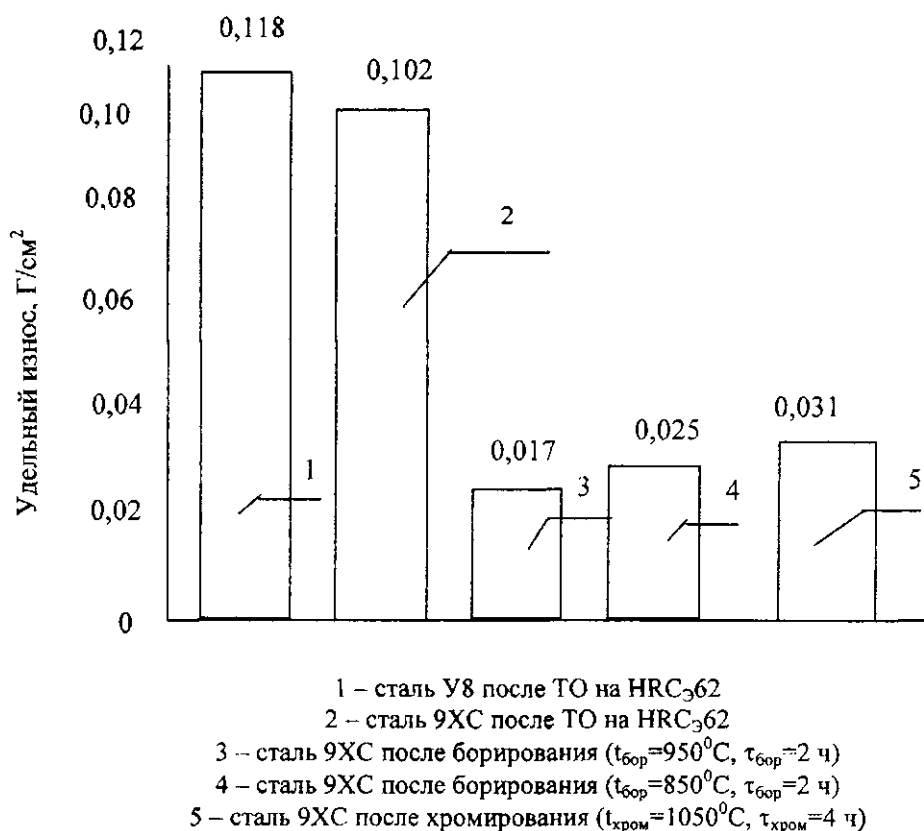


Рисунок 4 – Износ образцов при сухом трении скольжения

### Заключение

Проанализированы различные способы упрочнения рабочих органов мясоизмельчительных машин. Изучены технологические параметры режимов обработки, влияющие на работоспособность режущего механизма. Определены пути повышения износостойкости и долговечности рабочих органов мясоизмельчительного оборудования. Предложены методы упрочнения ножей и решеток с использованием химико-термической обработки. Показана эффективность данных технологий для повышения эксплуатационных характеристик режущего механизма мясоизмельчительного оборудования. Для внедрения данных процессов в производство достаточно имеющегося типового термического оборудования.

### Литература

1. Ткачева, Л.Т. Разработка экспериментального стенда для исследования процесса износа режущего механизма мясоизмельчительного оборудования // «Техника и технология пищевых производств» II международная науч.- техн. конф. – 22–24 ноября, 2000: Тез. док. – Могилев. – С. 190.
2. Исаков, С.А. Борирование стали из покрытий в среде водорода / Исаков С.А., Дайнеко В.А., Пахадня В.П. -- Металлургия. Минск: Высшая школа, 1983. – 250 с.
3. Ляховина, Л.С. Химико-термическая обработка металлов и сплавов. Справочник / Под ред. Л.С. Ляховина, – М.: Металлургия, 1981. – 424 с.
4. Дубинин Т.Н. Диффузионное хромирование сплавов./ Т.Н Дубинин – М.: Машиностроение, 1964. – 450 с.
5. Борисенок, В.Г. Исследование истощаемости алюмотермической смеси для диффузионного хромирования / В.Г. Борисенок, Г.М. Левченко, Н.И. Иваницкий // Металлургия. – 1976. – вып. 8. – С. 26–29.
6. Башлак, С.Д. Разработка многокомпонентных карбидных покрытий для повышения износостойкости стали и чугуна: автореф. дисс... канд. техн. наук. – Львов, 1985. – 16с.
7. Воронин, Л.Г. Борирование стали. – М.: Л.С. Ляхович /Металлургия. 1978. – 240 с.

Поступила в редакцию 1.12.2008