

М 374850

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

С С С Р

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э. БАУМАНА



На правах рукописи

ПЕЧЕНИН ВЛАДИМИР ЛЕОНИДОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОЗАДИРНОГО ДЕЙСТВИЯ
СМАЗОК ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Специальность 05.16.04 - "Литейное производство"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

МОСКВА

1981

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
С С С Р

МОСКОВСКОЕ ОРДЕНА ЛЕНИНА, ОРДЕНА ОКТЯБРЬСКОЙ
РЕВОЛЮЦИИ И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧИЛИЩЕ ИМЕНИ Н.Э.БАУМАНА

На правах рукописи

ПЕЧЕНКИН ВЛАДИМИР ЛЕОНИДОВИЧ

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТИВОЗАДИРНОГО ДЕЙСТВИЯ
СМАЗОК ПРИ ЛИТЬЕ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

М 374850

НТБ МГТУ им. Н.Э. Баумана



1374850

Печенкин В. Л. Исследование

МВТУ
им. Н.Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

Специальность 05.16.04 - "Литейное производство"

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Научный руководитель: Заслуженный деятель науки и техники РСФСР,
доктор технических наук,
профессор Баландин Г. Ф.

Официальные оппоненты: доктор технических наук
Белов В. М.
кандидат технических
наук, доцент
Кисиленко Л. Е.

Ведущее предприятие: завод "Металлист"
г. Серпухов Московской области

Защита состоится " _____ " _____ на заседании специализиро-
ванного Совета КО 53.15.13 по металловедению и горячей обработ-
ке металлов Московского ордена Ленина, ордена Октябрьской рево-
люции и ордена Трудового Красного знамени Высшего технического
училища имени Н. Э. Баумана по адресу:

107005, г. Москва, Б-5, 2-ая Бауманская ул., дом 5.

Ваши отзывы в 2-х экземплярах, заверенные печатью, просим выси-
лать по указанному адресу.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке МВТУ имени
Н. Э. Баумана.

Автореферат разослан " _____ " _____

Ученый секретарь специализированного
Совета, кандидат технических
наук, доцент

О. А. Белников

О. А. Белников

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ.

Актуальность темы. В решениях Партии и Советского Правительства указывается, что наиболее актуальной задачей современного периода является повышение эффективности производства и качества выпускаемой продукции. В литейном производстве это связано с повышением качества отливок, совершенствованием технологических процессов. Литье под давлением (Л.П.Д.), один из наиболее производительных способов получения точных литых деталей и заготовок с качественной поверхностью, имеет существенный недостаток, заключающийся в приваривании отливок к поверхности пресс-форм, что значительно снижает стойкость пресс-форм, производительность труда, качество отливок, вызывая образование на их поверхности задиrow. Применяемые для предотвращения приваривания и образования задиrow смазки, особенно наносимые автоматизированным способом, не удовлетворяют растущим запросам производства. Причиной является отсутствие научно-обоснованных рекомендаций на разработку смазок, требований к конструкциям и режимам работы систем их нанесения.

Цель работы. Целью работы является повышение производительности труда, стойкости пресс-форм, качества отливок при Л.П.Д.

Задачи решаемые в работе. Научной задачей решаемой в работе является установление закономерностей механизма противозадирного действия смазок при Л.П.Д. Задачи исследований: 1) исследование приваривания и образования задиrow на отливке при Л.П.Д.; 2) исследование противозадирного действия смазок при Л.П.Д.; 3) исследование ф. р. ширования смазочного слоя на поверхности пресс-формы при автоматизированном нанесении; 4) исследование процессов сопровождающих смазку: влияния смазки на тепловой режим пресс-формы, влияние смазки на санитарно-гигиенические условия труда.

Методы исследований. Приваривание и образование задиrow изучали на отливке с внутренней полостью оформляемой стержнем методами металлографического и химического анализа. Для оценки противозадирных свойств были разработаны методики: технологическая проба; лабораторная установка для оценки свойств смазок наносимых автоматизированным способом; методика оценки свойств на машине трения. Физико-химические свойства смазок исследовали методами вискозиметрии, термографического анализа.

Характеристики факела смазки определяли: расход и поле удель-

ных потоков - при помощи сборников, дисперсность и давление факела при помощи специальных устройств. Толщину и распределение смазочного слоя по поверхности определяли весовым способом. Тепловые процессы изучали стандартными методами.

Научная новизна. Установлено, что наросты материала отливки на поверхности стержня при Л.П.Д. преимущественно вызываются деформационным торможением отливки при её съеме (или извлечении стержня), которое обусловлено затеканием расплава во впадины микронеровностей поверхности стержня, перекосом отливки, повышенной пластичностью и склонностью материала отливки к наклепу.

Разработан механизм противозадирного действия смазок при Л.П.Д. Показано, что гидродинамический режим смазки реализуется при взаимодействии расплава и отливки со смазочным слоем в зависимости от начальной толщины смазочного слоя нанесенного на поверхность пресс-формы, вязкости и ее термостабильности, теплоустойчивости смазки, от конструкции отливки и технологических режимов литья, чем преимущественно объясняется противозадирное действие смазок при Л.П.Д.

Разработан механизм формирования смазочного слоя. Установлено, что при автоматизированном нанесении формирование смазочного слоя заданной толщины и площади при минимальных потерях смазки, а также съем заданного количества теплоты, достигаются при оптимальном отношении, зависящем от режимов работы форсунки, свойств смазки и растворителя, температуры и конструкции пресс-формы, между массой смазки и растворителя, поступающей на поверхность формы из факела и количеством теплоты, поступающей к поверхности от внутренних участков формы.

Практическая ценность работы. Разработаны научно-обоснованные требования к смазкам по их противозадирным свойствам, методы контроля противозадирных свойств в лабораторных и производственных условиях, требования к конструкциям форсунок для нанесения смазок на поверхность пресс-формы и технологическим режимам нанесения.

Реализация работы в промышленности. Указанные выше практические результаты работы приняты к внедрению основным разработчиком отечественных смазок для Л.П.Д. Государственным институтом прикладной химии (г. Ленинград), использованы при выборе и отработке технологии применения смазок на КАМАЗе, при внедрении автоматизированной системы нанесения смазок на Пензенском велозаводе.

Апробация работы. Основные материалы диссертации должны и обсуждены: на научных семинарах кафедры: "Машины и автоматизация литейного производства" МВТУ им. Н.Э.Баумана в 1979, 1980 гг.; на научно-технических конференциях "Машины и технология литья под давлением" (г.Железнодорожный 1979 г.), "Пятилетке эффективности и качества-творческий поиск молодых ученых-литейщиков"; (г.Москва, МДНТП им. Дзержинского, 1980 г.); на секции литья под давлением МГП НТО МАШПРОМ г.Москвы в 1980 году.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, выводов, списка использованной литературы (104 наименования). Работа изложена на 142 страницах машинописного текста, содержит 157 рисунков, 6 таблиц, 15 фотографий.

СО Д Е Р Ж А Н И Е Р А Б О Т Ы .

В главе I дан анализ работ, посвященных привариванию и образованию задиоров при Л.П.Д., противозади́рному действию смазок, формированию смазочного слоя. Существует мнение, что привар и задиры - следствие сваривания отливки и пресс-формы недостаточно обосновано. Более вероятно схватывание материалов и формы в процессе съема, однако оно недостаточно исследовано. Анализ работ по зади́рообразованию в смежных областях техники показал, что это явление имеет место в узлах трения машин, технологических процессах (резания, штамповке, прокатке). Причиной зади́ров могут быть: адгезионное (молекулярное) сцепление материалов или деформационное (механическое). Возможно одновременно наличие обоих факторов, преобладание одного над другим, - в зависимости от конкретных условий взаимодействия материалов и их свойств. Основным способом предотвращения приваривания и образования зади́ров при Л.П.Д. является применение смазок. В работах Кисиленико Л.Е., Половинчука В.П., Паславского Я.З., Храмова С.С. действие смазок связывается с наличием в их составах ПАВ, наполнителей, химически-активных веществ. Однако механизм противозади́рного действия смазок при Л.П.Д. слабо изучен. Разработка смазок ведется эмпирическим путем.

Анализ литературных данных относительно противозади́рного действия смазок в смежных областях техники показал, что оно объясняется на основе теорий гидродинамической, граничной смазки, действия механических, химических смазочных слоев.

Формирование смазочного слоя на поверхности пресс-формы при автоматизированном нанесении исследовалось в работах Парсиегла Х., Наславского Я.В., Храмова С.С. Однако механизм формирования слоя еще недостаточно изучен, не выявлены основные факторы определяющие формирование слоя, их функциональные связи с параметрами слоя. Во многих работах подчеркивается влияние смазки на тепловой режим Л.П.Д., однако оно достаточно полно не исследовалось. Недостаточно исследовано влияние смазки на санитарно-гигиенические условия труда. Анализ литературных данных и практики Л.П.Д. позволил сформулировать основные задачи исследований.

В главе 2 изложены результаты исследований приваривания и образования задиrow на отливках. Определен критерий противозадиrowного действия смазок, механизм противозадиrowного действия смазок при Л.П.Д. и результаты его экспериментального обоснования.

Приваривание и образование задиrow исследовали на экспериментальной отливке. Исследовали поверхность стержня покрытую частицами материала отливки, (наростами), зону их соединения со стержнем, поверхность задиrow, влияние свойств материала отливки, температуры заливки и стержня, шероховатости поверхности стержня на образование наростов и задиrow. Установлено, что наросты и их следствие задиrow образуются преимущественно вследствие деформационного торможения материала отливки затекающего при запрессовке во впадины шероховатости поверхности стержня. Причиной деформационного торможения может быть также перекос отливки при съеме. Факторы, способствующие увеличению объема материала отливки затекающего во впадины и деформируемого при съеме, — способствуют образованию наростов и задиrow. К ним относятся: большая шероховатость поверхности стержня (Рис.1), высокая температура заливки, гидроудар в конце заполнения, перекос отливки и др. Развитие нароста и задиrow зависит от свойств материала отливки: увеличение пластичности и склопности к наклепу способствует образованию наростов. Схема образования и развития нароста и задиrow представлена на (Рис.2). Данный механизм преобладает при так называемом "приваривании" на стержнях.

Установленный механизм позволил разработать критерий противозадиrowного действия смазок при Л.П.Д.: для исключения деформационного торможения толщину смазочного слоя, оставшегося после съема смазки, сдерживания слоя при усадке отливки и перекосе, тепловой

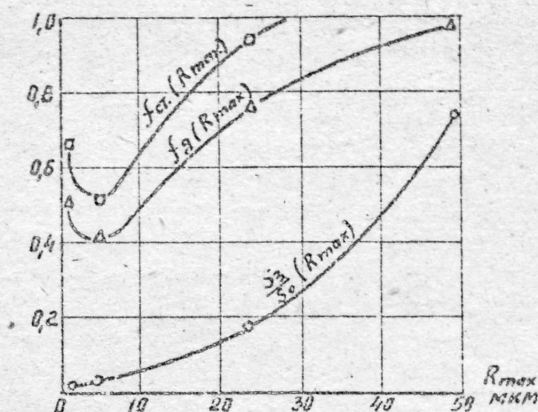


Рис.1. Влияние шероховатости поверхности стержня на образование задиров. S_3/S_0 — отношение площади занятой задиром к общей площади отливки; $f_{ст}$, $f_{д}$ — статический и динамический коэффициенты трения.

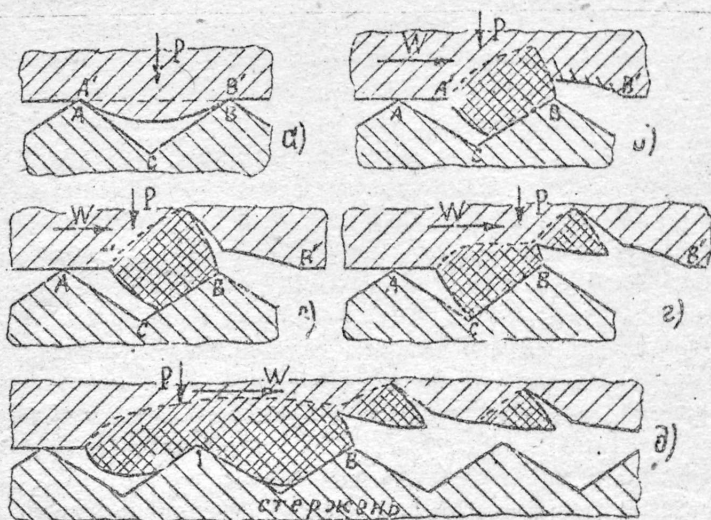


Рис.2. Образование и развитие нароста, задир. а) заполнение впадины; б) начало съема, микро-резание и упрочнение срезанного материала; образование трещины; г) срыв вершины нароста; д) увеличение длины нароста.

деструкции, должна превышать суммарную величину шероховатости поверхности стержня и отливки:

$$h_{см} - \Delta h_1 - \Delta h_2 - \Delta h_3 - \Delta h_4 - h_{зап} > h_{Rz} (I)$$

где: $h_{см}$ — толщина слоя нанесенного на поверхность формы; $\Delta h_1, \Delta h_2$ — уменьшение толщины, вызванное сдвигом, тепловой деструкцией, сдавливанием при усадке отливки, перекосом при съеме; $h_{зап}$ — запас толщины. На основе гидродинамической теории смазки выполнена оценка величин $\Delta h_1, \Delta h_2, \Delta h_3, \Delta h_4$. Сдвиг смазки рассмотрен на основе схемы течения носика потока Х.Бартона. Установлена функциональная зависимость Δh_1 от вязкости смазки, $h_{см}$, конструкции отливки, гидродинамических и тепловых режимов заполнения формы. Роль теплового фактора в смысле сводится к влиянию температуры на вязкость. После сдвига смазочный слой толщиной $h_{см} - \Delta h_1$ подвергается сдавливанию и тепловой деструкции. Определена функциональная связь сдавливания Δh_2 с вязкостью смазки, конструкцией отливки, временем выдержки отливки в форме. Тепловая деструкция Δh_3 определяется особыми условиями испарения, происходящего в малом объеме под действием давления и отсутствия кислорода.

Как установлено, начавшееся испарение может затем переходить в конденсацию, полного испарения и газификации не происходит, возможно сохранение достаточно толстого гидродинамического слоя и в случае когда температура начала испарения смазки ниже температуры расплава и отливки (для минеральных масел, животных жиров и т.д.). При съеме отливки наибольшую опасность представляет перекося. Установлена зависимость Δh_4 от вязкости смазки, конструкции отливки, угла перекося, скорости съема отливки. Необходимая вязкость смазки при которой $\Delta h_1 = \Delta h_2 = \Delta h_3 = \Delta h_4 \rightarrow 0$ в зависимости от конструкции отливки, режимов заливки, условий съема составляет 0,05-5000 н.с/м² при рабочих температурах. Сделанные оценки позволили заключить, что недостаточная эффективность противозадирного действия современных смазок для Л.П.Д. обусловлена их недостаточной вязкостью и теплостойкостью при рабочих температурах.

Предложенный механизм противозадирного действия проверялся экспериментально: установлены связи между факторами, определяющими гидродинамический режим смазки ($h_{см}$, вязкость смазки, шероховатость поверхности стержня, теплостойкость смазки, скорость съема), и противозадирными свойствами. Противозадирные свойства определяла на технологической пробе с оценкой их по работе съема,

которую измеряли при помощи датчика давления, установленного в цилиндре съема. В лабораторных условиях противозадирные свойства определяли: на лабораторной установке, состоящей из системы автоматизированного нанесения, камеры распыливания, устройства моделирующего взаимодействие отливки и формы, записывающей и регистрирующей аппаратуры. (На устройство лабораторной установки получено положительное решение на выдачу авторского свидетельства); на машине трения МАСТ-1 при работе по схеме сфера-кольцо, с оценкой свойств по критической температуре образования задир. Установленные зависимости противозадирных свойств и факторов определяющих гидродинамический режим смазки подтвердили предложенный механизм противозадирного действия смазок. Для обоснования выдвинутого механизма исследовали также противозадирные свойства более 50-ти составов смазок. Наибольшую эффективность противозадирного действия показали наиболее вязкие и термостойкие масла и смазки. Дополнительно исследовали эффективность действия наполнителей, ПАВ, химически-активных веществ. Наиболее эффективна присадка в масла и смазки графита.

Химически-активные вещества (хлор, - фосфор, - хлорфосфор-органические соединения) улучшают противозадирные свойства, ПАВ не оказывают существенного влияния. Основным требованием к свойствам смазок является обеспечение необходимой вязкости и ее термостабильности, термостойкости. Дополнительными требованиями являются возможность автоматизированного нанесения, подверженность действию мощных средств.

В главе 3 рассмотрено формирование смазочного слоя при автоматизированном нанесении которое проходит в несколько этапов: образование факела смазки; контакт капель с поверхностью формы, ее охлаждение и образование тончайшей пленки смазки, сливание капель вследствие увеличения времени их контакта с поверхностью и образование растекающегося слоя эмульсии (или раствора); равновесие между количеством теплоты отводимой с испаряющимся растворителем и подводимой от внутренних участков формы; испарение растворителя и прогрев смазочного слоя после окончания нанесения. Результатом является образование слоя толщиной $h_{см}$ на площади $S_{см}$. На условия баланса наем:

$$h_{см} = C \cdot \tau_{см} \cdot g_0 \cdot c \cdot \frac{1}{S_{см}} \cdot m_m \quad (2)$$

где: B - теплоемкость смазки при температуре поверхности формы; $\tau_{\text{см}}$ - время нанесения; g_0 - расход через сопло форсунки; C - концентрация смазки в эмульсии; n_m - коэффициент потерь. Определена функциональная зависимость $S_{\text{см}}$ от растекания эмульсии в процессе нанесения, зависящего от g_0 , объема эмульсии достигающего формы, давления факела на поверхность формы, вязкости смазки, охлаждающей способности растворителя, конфигурации и температуры поверхности формы. Величину n_m определяли экспериментально. Поскольку $h_{\text{см}}$ и $S_{\text{см}}$ зависят от характеристик факела были установлены функциональные связи в виде критериальных уравнений, связывающие конструкцию форсунки, режим распыливания, свойства эмульсии и характеристики факела (g_0 , удельный поток и объем смазки достигающий формы, давление факела). Установлено, что характеристики факела зависят (Рис.3) в основном от: размеров и коэффициентов сопротивления и расхода сопла и отверстия через которое эмульсия поступает в камеру смешивания ее с потоком воздуха у форсунки; давлений распыливающего воздуха и вытеснения смазки из смазочного бака; расстояния от сопла до рассматриваемого сечения факела, поверхностного натяжения эмульсии.

Предложенный механизм формирования смазочного слоя проверяли экспериментально. Были установлены зависимости между $h_{\text{см}}$, расщепления слоя по поверхности и конструктивными особенностями форсунки, режимами распыливания (Рис.4), свойствами смазки и эмульсии (Рис.5), температурой, конфигурацией, шероховатостью и загрязненностью поверхности формы. Экспериментальные зависимости согласуются с теоретическими. Полученные в гл.3 результаты позволяют управлять формированием слоя: задавать режимы нанесения, размеры конструктивных элементов форсунки, свойства эмульсии и смазки, которые в данных условиях обеспечивают формирование слоя необходимой толщины на заданной площади.

В главе 4 представлены результаты исследований влияния смазки на тепловой режим пресс-формы, санитарно-гигиенические условия труда. Охлаждающая способность смазки определена на основе уравнения теплового баланса. Снижение температуры формы определяется в основном количеством растворителя поступающего на поверхность формы и его удельной теплотой парообразования. Интенсивность теплообмена в зависимости от режимов нанесения для водо-эмульсионных смазок составляет 3000-11000 Вт/м² °С. Исследовано влияние смазки на температурное поле пресс-формы. Нанесение смаз-

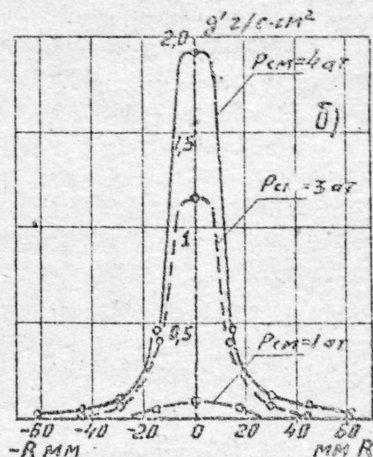
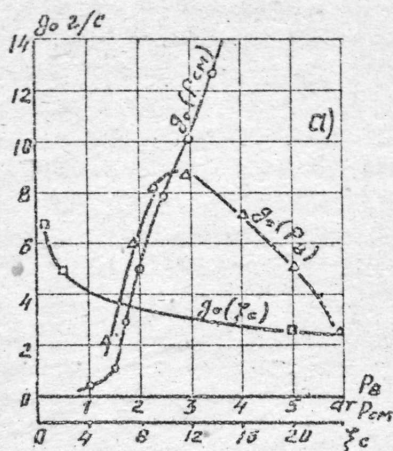


Рис. 3. Характеристика фэкла.

а) - зависимость расхода от давления вытеснения смазки из бака $P_{см}$, давления расширяющего воздуха $P_в$, коэффициента сопротивления сопла ζ_c ;

б) - поле удельных потоков на расстоянии $L = 20$ см от сопла.

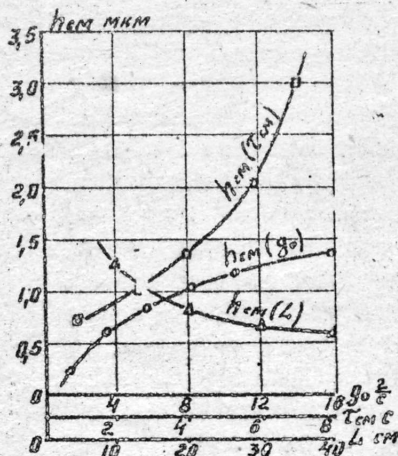


Рис. 4. Зависимость $h_{см}$ Графи-тол 321 от расхода q_0 , времени нанесения $\tau_{см}$, расстояния L .

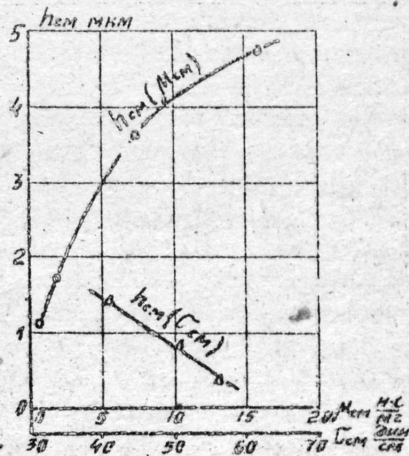


Рис. 5. Влияние физико-химических свойств смазки и эмульсии.

ии вызывает термодуар на поверхности формы. Установлена функциональная связь охлаждающей способности с термостойкостью пресс-формы. При температурном фазе более $320-350^{\circ}$ происходит снижение термостойкости вследствие применения водоземulsionных смазок. Исследовано влияние смазки на санитарно-гигиенические условия труда в производственных (цех Л.П.Д. КАМАЗе) и лабораторных условиях. Установлена зависимость концентрации аэрозоли остающейся в атмосфере после нанесения смазки от режимов распыливания, свойств смазки. Исследована возможность смазки в закрытую форму.

В главе 5 изложены практические результаты работы. Годовой экономический эффект от замены импортных смазок на КАМАЗе составляет 53 тыс. рублей.

О с н о в н ы е в ы в о д ы

1. Так называемое приваривание на стержнях и как следствие образование задирос на отливках при Л.П.Д. преимущественно вызывается деформационным торможением материала отливки в процессе ее сема (или извлечения стержня), а не сваркой или адгезией как считалось ранее. Деформационное торможение при Л.П.Д. обусловлено затеканием расплава во впадины микронеровностей поверхности стержня, перекосом отливки, повышенной пластичностью и склонностью материала отливки к накопу.

2. Критерием противозадирного действия смазок при Л.П.Д. является толщина смазочного слоя, который остается после смыва смазки потоком расплава, сдвигания слоя при усадке и перекоме отливки, тепловой деструкции смазки. Она должна быть достаточной, чтобы обеспечить отсутствие деформационного торможения. Создание таких условий при Л.П.Д. зависит от начальной толщины смазочного слоя нанесенного на поверхность пресс-формы, вязкости и ее термостабильности, термостойкости смазки конструкции отливки и технологических режимов литья. Противозадирное действие смазок при Л.П.Д. обусловлено преимущественно созданием режима гидродинамической смазки.

3. Созданию гидродинамического режима смазки при Л.П.Д. благоприятствуют специфические условия: высокое давление на смазочный слой, отсутствие кислорода в зоне испарения, что препятствует тепловой деструкции. Усиление противозадирного действия гидродинамического смазочного слоя происходит особенно при присадке графита,

а также химически-активных веществ (хлор, -фосфор, -хлорфосфор-органических соединений).

4. Противзадирыные свойства смазок в лабораторных условиях рекомендуется оценивать на машине МАСТ-1 и лабораторной установке по критической температуре и коэффициенту трения; в производственных условиях - на технологической пробе по работе съема отливки (или извлечения стержня).

5. Основными факторами управления толщиной и распределением смазочного слоя по поверхности пресс-формы при автоматизированном нанесении являются: степень разбавления; расход; время нанесения; давление факела на поверхность пресс-формы; вязкость смазки; поверхностное натяжение и охлаждающая способность растворителя. При этом должны учитываться потери смазки и ее растекание в процессе нанесения, зависящие от режимов работы форсунки, свойств смазки, температуры и конструкции пресс-формы.

6. Смазка может использоваться также для регулирования теплового режима не крупных рабочих деталей пресс-формы. Основные факторы регулирования: степень разбавления, расход, удельная теплота парообразования растворителя. При температурном фоне пресс-формы более 320-350°C применение водозмульсионных смазок снижает термостойкость пресс-формы.

7. Загрязнение смазкой атмосферы и оборудования цеха Л.П.Д. зависит от режимов нанесения (особенно времени нанесения). Перспективным способом улучшения санитарно-гигиенических условий труда является смазка в закрытую форму с использованием конденсации паровой фазы смазки в полости формы.

Основные положения и выводы диссертации опубликованы в работах:

1. Зеленцов В.Н., Печенкин В.Л. Охлаждающая способность смазок для пресс-форм литья под давлением. Литейное производство, 1980, № 5.С.

2. Исследование и совершенствование смазок и технологических режимов процесса литья под давлением. Отчет /МВТУ; руководитель работы Степанов Ю.А. № 79034753-М., 1980-81 с.

3. Положительное решение на заявку №2887113/22-02 от 29.02. 1980 г. Устройство для определения коэффициента трения между отливкой и формой / Печенкин В.Л., Зеленцов В.Н.

Д-85739 от 3/II-81 г., обем 0,75 п.л. заказ 161 тир. 100 экз.

География МВТУ им. Н.Э.Баумана