

ГЛАВА II

ПРИМЕНЕНИЕ ХОЛОДА В МАШИНОСТРОЕНИИ И МЕТАЛЛУРГИИ

Обработка сталей холодом. При низкотемпературной термической обработке сталей требуется осуществлять охлаждение до температур $-30 \div -120^\circ\text{C}$. Графики термической обработки стального инструмента приведены на рис. II—1. При разработке технологии следует учитывать (в крупносерийном производстве) требования, выдвигаемые со стороны металловедения, и технико-экономические соображения, связанные с процессом охлаждения. Скорость охлаждения обычно не имеет существенного значения, однако в некоторых случаях при слишком быстром охлаждении в изделиях сложной конфигурации могут сохраниться остаточные напряжения.

В зависимости от принятой конечной температуры охлаждения, количества отводимой теплоты, специфики ведения технологического процесса, а также от местных условий применяют различные методы и источники охлаждения. В верхнем интервале температур можно использовать пароконденционные машины двухступенчатого сжатия на R22 (до -60°C) и каскадные машины на R22 и R13 (до -80°C), работающие на холодильные камеры или шкафы. Достоинством такого решения является использование серийного оборудования.

В нижнем интервале температур до -120°C , а также при больших периодических расходах холода находит широкое применение охлаждение с помощью жидкого азота. Изделие погружают в азотную ванну либо помещают в закрытую камеру, охлаждаемую жидким азотом. В первом случае могут быть достигнуты наиболее низкая температура и большая скорость охлаждения. Азотную ванну, выполненную из коррозионно-стойкой стали, заключают в кожух из тепловой изоляции со съемной теплоизолированной крышкой. Камера для охлаждения изделия жидким азотом показана на рис. II—2. К наружной поверхности камеры приварен змеевик, через который протекает испаряющийся жидкий азот, поступающий из сосуда Дюара. При температурах не ниже -75°C и небольших тепловых нагрузках применяют также охлаждение с помощью сухого льда, загружаемого непосредственно в теплоизолированный сосуд или ящик вместе с закаливаемыми холодом деталями. При другом методе детали погружают в ванну с низкотемпературной жидкостью, куда одновременно бросают и сухой лед.

Преимуществами метода охлаждения с помощью жидкого азота и сухого льда являются его простота и надежность, недостатками — сравнительно высокая стоимость, необходимость ручных операций по доставке и загрузке и трудность автоматизации.

Иногда для низкотемпературной термообработки машиностроительные предприятия изготовляют своими силами воздушные холодильные машины (с вихревыми трубами или детандерные). Такого рода машины единичного изготовления редко могут оказаться экономически оправданными. Исключение в этом отношении в группе воздушных машин представляют освоенные серийным производством турбохолодильные машины типа ТХМ (см. справочник «Холодильные машины» данной серии). Так, они применены в проекте крупной установки для непрерывной холодной закалки стальной ленты на одном из отечественных металлургических заводов.

Стабилизация и восстановление размеров стальных деталей путем охлаждения. Переход аустенита в мартенсит приводит к увеличению линейных размеров стальных деталей. Если с течением времени в процессе старения постепенно уменьшается содержание аустенита в закаленном изделии, то оно теряет свои первоначальные размеры. Во избежание этого явления такие детали из закаленной стали подвергают стабилизации путем отпуска или искусственного старения, что, однако, не всегда дает нужные результаты. Применяя охлаждение до температур от -60 до -120°C , можно добиться максимального превращения остаточного аустенита в мартенсит и, таким образом, высококачественной размерной стабилизации. Восстановление размеров изношенных измерительных инструментов (калибров, скоб) путем перевода остаточного аустенита в мартенсит при принудительном охлаждении позволяет удлинить срок их эксплуатации. Сказанное в первую очередь относится к высокоуглеродистым и легированным сталям.

Температурные границы и режим охлаждения при стабилизации и восстановлении в каждом отдельном случае устанавливаются опытным путем. Средства и методика охлаждения аналогичны описанным выше, применяемым при закалке сталей.

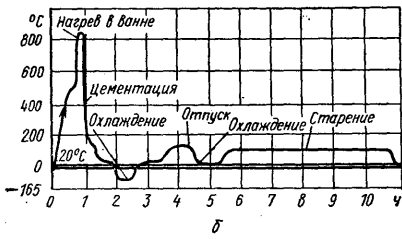
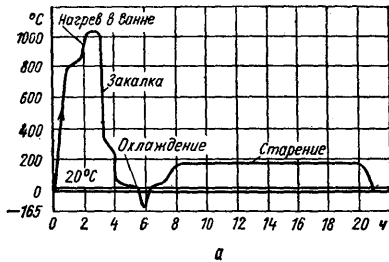


Рис. II—1. Графики термической обработки стального инструмента с применением холода: а — из стали X12M; б — из стали XВГ и XГ

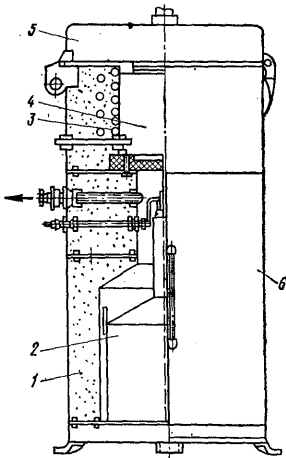


Рис. II—2. Холодная камера, охлаждаемая жидким азотом:
1 — тепловая изоляция; 2 — сосуд Дюара; 3 — охлаждающий змеевик; 4 — рабочая камера; 5 — крышка; 6 — кожух

Запрессовка с применением охлаждения. При выполнении неподвижных посадок с помощью охлаждения охватываемой детали в ряде случаев удается добиться лучшего качества продукции и повышения производительности

труда, чем при запрессовке с нагревом охватываемой детали.

Охлажденная охватываемая деталь сокращается в размерах и свободно входит в охватывающую деталь. После выравнивания температур обеих деталей между ними возникает предусмотренный натяг, легко поддающийся предварительному расчету. Для охлаждения подлежащих прессовому соединению деталей широко применяют жидкий азот, реže — сухой лед, а также небольшие низкотемпературные холодильные машины.

Охлаждение ванн анодирования. На поверхность изделий и деталей из алюминиевых сплавов для придания им антикоррозионной устойчивости наносят металлическое покрытие методом анодирования. Изделие погружают в ванну с электролитом, через который пропускается электрический ток. Различают два метода анодирования: обычное, при котором температура в ванне поддерживается на уровне 12—20°C, и твердое с температурой электролита —3÷—8°C. Для поддержания температуры в ванне на должном постоянном уровне необходимо производить ее непрерывное охлаждение, отводя выделяемую теплоту.

Учитывая сильное коррозионное действие электролита, здесь применяют систему с промежуточным хладоносителем (холодная вода, раствор поваренной соли), который циркулирует через змеевики, изготовленные из нержавеющей труб, располагаемые вдоль стенок и по дну ванн анодирования. Охлаждение хладоносителя осуществляют с помощью серийных парокompрессионных машин, работающих на температуру кипения 5°C при обычном анодировании или —15°C при твердом. Одна из наиболее крупных установок подобного назначения на одном из заводов цветной металлургии оснащена фреоновыми центробежными агрегатами.

Старение алюминиевых сплавов. Непосредственно после термической обработки детали из алюминиевых сплавов некоторое время сохраняют свои первоначальные пластические свойства, однако затем в относительно короткие сроки, измеряемые часами, происходит интенсивный процесс старения металла, при котором он утрачивает пластические свойства. Хранение таких деталей после их закалки при пониженных температурах позволяет существенно, до нескольких суток, удлинить продолжительность процесса старения, что может потребоваться для обеспечения технологического процесса.

Для хранения деталей при температурах около —10°C применяют холодные камеры и шкафы обычного и сундучного типов с небольшими холодильными машинами.

Снятие облоя с резиновых деталей. На деталях, изготовляемых из резины методом фор-

ования в разъемных пресс-формах при повышенных температурах и давлениях, остается облой. Процесс удаления облоя и заусенцев, преимущественно ручной, весьма трудоемок и дает много брака. Применение охлаждения резиновых изделий позволяет значительно повысить твердость и хрупкость резины и применить механизированную технологию удаления облоя в так называемых галтовочных барабанах.

Резиновые изделия можно охлаждать предварительно в холодной камере, после чего изделия загружают в галтовочный барабан. Здесь неизбежны потери холода при перегрузке. При другой технологии детали охлаждают непосредственно в галтовочном барабане с помощью подаваемых туда жидкого азота или сухого льда. Галтовочные барабаны, предназначенные для обработки охлажденных резиновых изделий, снаружи тщательно теплоизолируют. Температуру охлаждения выбирают в зависимости от сорта резины, размеров обрабатываемых деталей в пределах до -90°C (для специальных сортов морозостойких резин). Длительность снятия облоя в барабане достигает 30 мин. На одной из действующих установок такого назначения была успешно применена турбохолодильная машина типа ТХМ.

Осушка сжатого воздуха охлаждением. К сжатому воздуху, применяемому для различных технических нужд на машиностроительных и других предприятиях, в ряде случаев предъявляют требование пониженной влажности. Известно два метода технической осушки воздуха: конденсацией паров влаги путем искусственного охлаждения воздуха ниже точки росы; твердыми поглотителями-адсорбентами. Каждый из этих методов имеет свои достоинства и недостатки и соответственно с этим, свою область применения. Ниже рассмотрена техника осушки воздуха охлаждением, широко применяемая в области низких и средних давлений и относительно значительных длительных расходов сжатого воздуха. Осушка атмосферного воздуха до умеренной относительной влажности относится к области кондиционирования воздуха (см. главу VII).

Объемная влажность насыщенного воздуха зависит от температуры и не зависит от давления. Конечная температура охлаждения воздуха в процессе осушки определяется требуемым влагосодержанием осушенного воздуха. Влагосодержание насыщенного воздуха в зависимости от температуры и давления приведено на рис. II—3. С помощью этой диаграммы можно решать ряд конкретных задач в области осушки воздуха охлаждением. В некоторых случаях осушенный воздух должен иметь низкую температуру, тогда в процессе осушки одновременно решаются обе задачи — осушки и ох-

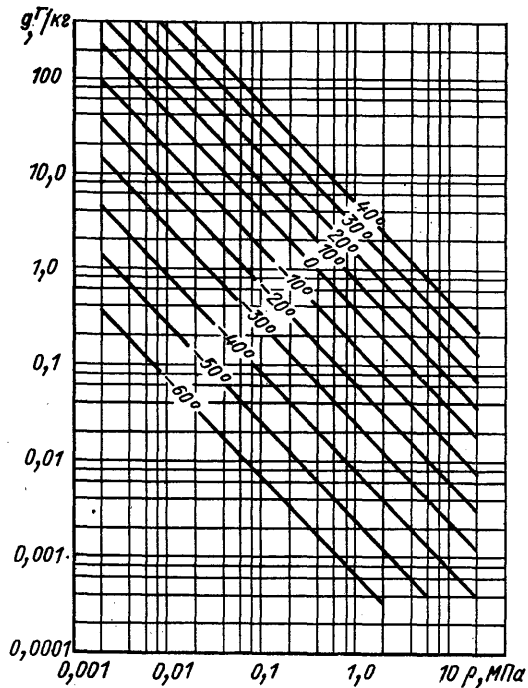


Рис. II—3. Влагосодержание насыщенного воздуха g (в г/кг) в зависимости от давления и температуры

лаждения. В большинстве случаев такая задача не ставится, и тогда, предварительно охлаждая поступающий на осушку теплый воздух за счет холода отходящего осушенного воздуха, можно сократить расход холода примерно до 50%.

В процессе осушки воздух можно охлаждать в поверхностном воздухоохладителе либо непосредственным контактом с холодной жидкостью в контактном аппарате. В обоих случаях решающее значение имеют температурные границы процесса. При температуре охлаждающей поверхности выше 0°C сконденсировавшаяся из воздуха влага оседает на холодной поверхности в жидком виде, свободно стекает вниз и легко отводится из системы. При температурах ниже 0°C конденсат высаживается в твердой фазе в виде снеговой шубы и должны предусматриваться специальные меры для ее удаления.

В контактных воздухоохладителях при температурах выше 0°C применяют холодную воду, ниже 0°C — рассолы. Конденсируясь в раствор, влага из воздуха понижает его концентрацию. Для поддержания ее на постоянном уровне необходимо либо сливать часть декон-

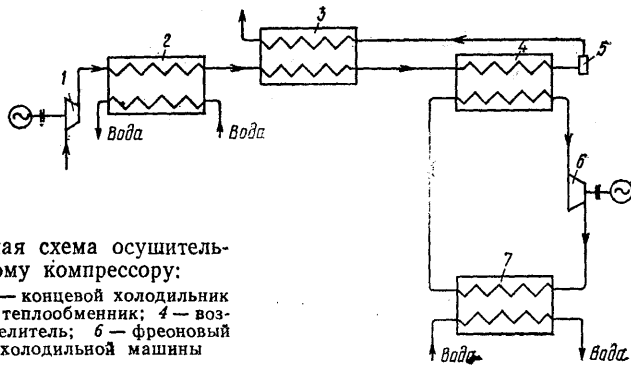


Рис. II—4. Принципиальная схема осушительного агрегата к воздушному компрессору:

1 — воздушный компрессор; 2 — концевой холодильник компрессора; 3 — воздушный теплообменник; 4 — воздухоохладитель; 5 — водоотделитель; 6 — фреоновый компрессор; 7 — конденсатор холодильной машины

центрированного рассола и добавлять соли, либо устанавливать дополнительно специальную выпарную установку, обычно вакуумной системы. Такое усложнение осушительного оборудования оправдывает себя только в наиболее крупных установках.

В зависимости от параметров осушаемого воздуха применяют различные поверхностные теплопередающие охлаждающие аппараты — вертикальные и горизонтальные кожухотрубные, радиаторного типа и др. Осушаемый воздух пропускают как внутри, так и снаружи труб. При контактном процессе для охлаждения сжатого воздуха применяют скрубберы различной конструкции с разбрызгиванием охлаждающей жидкости или с орошаемой насадкой. При давлении, близком к атмосферному, можно применять аппараты, подобные камерам орошения систем кондиционирования воздуха.

При использовании всех систем охлаждения не допускается унос капель влаги или части снега, существенно снижающий эффект осушки. Для предотвращения уноса применяют влаго- и снегоуловители.

В осушительных установках в зависимости от температуры охлаждения воздуха, места установки, производительности и т. д. применяют пароконденсаторные холодильные машины, работающие на аммиаке или фреоне по одно- или двухступенчатой схеме.

Системы воздухообеспечения машиностроительных заводов. В ряде отраслей промышленности (автомобильная, авиационная, приборостроительная и др.) в связи с непрерывным повышением требований к качеству технологических процессов необходимо соблюдение условия повышенной сухости сжатого воздуха.

В неотвественных случаях, чтобы избежать усложнения осушительной установки, требования к влагосодержанию воздуха ограничивают значением 0,7 г/кг (соответствующая точка росы при атмосферном давлении около -20°C). В этом случае воздух давлением 0,8 МПа до-

статочно охладить до 5°C . Для воздуха, применяемого в системах КИП, обычно требуется более полная осушка. В этом случае целесообразно применение независимой системы осушки с помощью сухих абсорбентов, стоимость которой относительно невелика.

Если осушаемый воздух требуется только для отдельных участков производства, то осушительное оборудование ставят в соответствующих цехах. Чаще весь потребляемый на предприятии сжатый воздух подвергают осушке. В этом случае осушительное оборудование располагают в заводских компрессорных станциях. Иногда при этом к каждому компрессорному агрегату устанавливают отдельный осушительный агрегат.

Принципиальная схема осушительного агрегата с теплообменником «воздух — воздух» и фреоновой холодильной машиной показана на рис. II—4.

Потребление сжатого воздуха на машиностроительном заводе резко колеблется, поэтому характеристика осушительного оборудования должна иметь возможность приспособляться к переменному режиму во избежание недопустимого понижения температуры охлаждения ниже точки росы и замерзания в периоды пониженного расхода воздуха.

Стоимость оборудования для осушки сжатого воздуха давлением 0,8 МПа составляет до 50% стоимости соответствующего компрессорного оборудования, а дополнительный расход энергии на осушку — около 5% расхода энергии на сжатие воздуха.

Специализированная холодильная установка для осушки воздуха ОВМ15 описана в справочнике «Холодильные машины» данной серии, с. 112—113.

Крепление обрабатываемых деталей примо-раживанием. Встречаются случаи, когда укрепление обрабатываемой детали на станке обычными способами, в том числе магнитным, приклеиванием и др., оказывается неудобным, нерациональным или даже невозможным. В

таких случаях иногда применяют метод при-
мораживания. Детали располагают в поддоне
с небольшим слоем воды, которую затем замо-
раживают, закрепляя таким образом деталь в
определенном положении. Подаваемая на ра-
бочий инструмент станка эмульсия при этом
должна также непрерывно охлаждаться, чтобы
поддерживать необходимый постоянный слой
льда в поддоне. Все устройство обычно монти-
руют на станке в виде съемного приспособле-
ния. Источником холода, как правило, являет-
ся парокомпрессионная холодильная машина
небольшой производительности (см. справочник
«Холодильные машины» данной серии).

Гибка труб с замороженной в них водой.
Этот способ вместо обычно практикуемого (за-
полнения песком, канифолью или другими на-
полнителями) дает хорошие результаты по
овальности, радиусу загиба и чистоте внутрен-
ней поверхности труб. Трубы охлаждают до
—25—30°С, чтобы уменьшить опасность час-
тичного оттаивания льда при последующем
гнутье на гибочном станке.

В металлургии широко используется обога-
щенное кислородом дутье. Оно базируется на
применении искусственного охлаждения; это,
однако, относится к области криогенной тех-
ники и в настоящем справочнике не рассмат-
ривается.

В заключение следует упомянуть такие
крупные и широко распространенные здесь по-
требители холода, как установки кондициониро-
вания воздуха в производственных и контор-
ских помещениях, холодильные испытательные
камеры, которые описаны в соответствующих
разделах справочников данной серии.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Холод в машиностроении/[А. П. Клименко,
Н. В. Новиков, Б. Л. Смоленский и др.] — М.:
Машиностроение, 1969.—247 с.