

## ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ЭКСТРУЗИОННОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ПЛАСТМАСС

В эпоху ежедневного роста цен на энергоносители, экономия электроэнергии становится весьма актуальной задачей в любой сфере, в том числе и в производстве пластических изделий. Затраты на электроэнергию в этом производстве очень близки к затратам на зарплату и оказывает ощутимое значение при формировании цен на продукцию. Затраты на зарплату и электроэнергию всегда взаимосвязаны, т.к. зарплата тем больше, чем ниже уровень автоматизации производства и больше доля ручного труда. А затраты на электроэнергию непосредственно связаны с уровнем использования регулируемого электропривода. При неоптимальной организации производства затраты на электроэнергию могут достигнуть до 40% всех затрат. Основным потребителем электроэнергии в экструзионном производстве является асинхронный электропривод малой и средней мощности. Следует отметить, что до последнего времени главным приводом экструзионного оборудования являлся привод постоянного тока благодаря простоте и дешевизне управления. Однако известное развитие электронной техники и средств управления позволило вытеснить данный электропривод асинхронным, благодаря простоте эксплуатации и надежности последнего, а также конкурентоспособной стоимостью общего привода. Экструзионное производство является одним из немногих, где электроэнергия на сегодня является единственным вынужденным средством для как нагрева масс, так и электропривода. При нагреве масс вопросы энергосбережения решены в большей степени производителями экструзионного оборудования путем возможной изоляции теплового потока в зоне нагрева. Тем не менее в этой сфере также существуют много вопросов для исследования. Вопросы энергосбережения в электроприводе этого производства частично могут быть решены производителями экструзионного оборудования, а большая часть являющейся индивидуальной, должны быть учтены при организации производства и реализованы при эксплуатации. Рассмотрим некоторые нюансы этого вопроса в конкретном примере производства профильно-погонажных изделий из ПВХ.

Экструзионное производство содержит экструзионное оборудование, включающее экструдер, транспортер, калибровочный стол, отрезной механизм и опрокидывающий механизм. Кроме того оно имеет вспомогательное хозяйство, в которое входит миксерное хозяйство, охлаждение циркуляционной воды, компрессорный механизм и много различных транспортных устройств.

Экструдеры обычно поставляются производителями в оптимальном варианте для выпуска определенного изделия с асинхронным электроприводом с плавным регулированием скоростей вращения главного шнека, дозировочного устройства и транспортера и требует наладки необходимого оптимального режима. Экономия электроэнергии возможна путем подбора оптимального режима между температурами нагрева и скоростью выдавливания пластических масс в шнеке. Существует эмпирическое выражение, определяющее оптимальности работы между частотой вращения шнека, скоростью транспортера и потребляемой мощностью. Оно выводится из тех соображений, что на выпуск одного кг массы при правильной формуле компонентов смеси (оно дается обычно производителями оборудования и сырья), электропривод экструдера должен потреблять в пределах 110 Вт электроэнергии:

$$P/M=110,$$

$$P=3U_{\phi}I_{\phi}\cos\varphi$$

$$M=60mV$$

$$I_{\phi}=6600mV/(3U_{\phi}\cos\varphi), \text{ или } I_{\phi}=10mV.$$

где  $P$  - потребляемая двигателем активная мощность Вт,

$M$  - масса выпускаемой продукции за час, кг,

$m$  - удельный вес выпускаемой продукции кг/м,

$V$  - скорость выпускаемой продукции м/мин.

Частота вращения шнека  $n$  (об/мин) определяется как:  $n=\Pi/q$ ,

где  $\Pi$  - производительность экструдера кг/час, (дается производителем экструдера),

$q$  - масса материала, выдавливаемого за один оборот шнека кг/об. Обычно производительность экструдеров дается при  $n=30$  об/мин. Т.е.  $q=\Pi/30$ . С другой стороны производительность шнека равна массе выпускаемой продукции за час:  $M=\Pi$ ,

отсюда  $n=1800mV/\Pi$ ;

и  $n=180I_{\phi}/\Pi$ ;

или  $I_{\phi}=\Pi n/180$ .

Эта формула позволяет также определять производительность экструдера при конкретном выпускаемом материале. При соблюдении этого режима выполняется условия хорошей пластификации материала и оптимальное потребление электроэнергии.

Примерно 50% электроэнергии в экструзионном производстве потребляется экструзионным оборудованием, причем 20% из них расходуется на нагрев материала, 20% на выдавливание масс в шнеке, 5% на вакуумный и водяные насосы, 5% транспортировку и отрезку по заданной длине. Работа шнека, транспортировка и дозировка осуществляется в синхронном режиме путем применения регулируемого асинхронного привода. А вакуумные и водяные насосы в установившемся режиме работают постоянно, поэтому поставляются с нерегулируемым асинхронным приводом, что в принципе является оправданным. В тяжелом повторно-кратковременном режиме работают электродвигатели отрезного и высасывающего стружек механизмы. Число включений этих машин лежит в пределах 30-120 включений в час. Хотя в этих механизмах применяются двигатели мощностью до 1кВт, при больших количествах экструзионных линий они становятся существенным, потребляя 5-7 кратные пусковые токи засоряют локальную электросеть паразитными гармониками, и мешают работе многочисленных промышленных компьютеров этих же экструдеров. При большом количестве включений даже регулируемый электропривод не является спасением, поэтому эти двигатели либо необходимо оставлять включенным постоянно в сеть, либо применять альтернативные варианты отрезки (например, гильотиновую с пневмоприводом).

Следующим звеном потребления электроэнергии является миксерное хозяйство, где осуществляется смесь основных компонентов путем их перемешивания. Нагрузка миксера переменная, т.к. при перемешивании компонентов, они нагреваются от трения о лопасти и происходит частичная пластификация. Оптимальное время работы миксера для нормальной пластификации находится в пределах 7-10 мин. Следовательно, он имеет в среднем 6-8 включений в час с учетом загрузки материала. Миксера обычно снабжаются асинхронным электроприводом с плавным пуском из расчета 0.5 кВт на 1 кг смешиваемого материала. При кратковременном смешивании он потребляет электрическую мощность в среднем 250Вт/кг. Наиболее распространенными являются миксера с массой смеси 150-200 кг с двигателем мощностью 75-100 кВт, которые работают в повторно-кратковременном режиме с пуском под нагрузкой в сети с соизмеримой мощностью. Поэтому во избежании ударных токов короткого замыкания, миксер целесообразно эксплуатировать в режиме постоянного включения с постепенным нагружением с режима холостого хода. При этом время загрузки миксера должно быть определено из условия равенства потребляемых энергий в режимах кз и хх:  $I_{кз} t_{кз} = I_{хх} t_{хх}$ ;  $t_{хх} = 30 t_{кз}$ ; Т.е. если время пуска -  $t_{кз} = 2$ сек, то время холостого хода -  $t_{хх} = 60$ сек. Это вполне реальное время для заполнения миксера. Другим преимуществом этого режима является то, что наброс нагрузки двигателя осуществляется постепенно, и одновременно происходит частичная пластификация материала, что позволит дополнительно сократить время работы миксера в целом и повысить его производительность. Таким образом потребляемую удельную электрическую мощность миксера возможно снизить до 200 Вт/кг. В последнее время с целью повышения производительности и снижения энергопотребления выпускаются миксеры с двухскоростным двигателем, где низкая скорость включается постоянно, а высокая – с плавным пуском, применяется для ускорения процесса пластификации. При организации бесперебойной работы двигателей потребляемая мощность миксера из расчета на 1 час производства может быть сокращена до 40 Вт/кг.

Одним из ответственных узлов этого производства является водоснабжение, которое обеспечивается циркуляционными насосами в замкнутой системе. Требуемый объем воды определяется из расчета 50-100 л/кг в час при температуре 12° С и давлении 2 Атм. В настоящее время в основном применяются нерегулируемый асинхронный электропривод для этой цели. Однако это не позволяет поддерживать давление постоянным при изменяющихся количествах работающих экструзионных линий. Объем воды при этом регулируется ступенчато путем изменения количества включенных насосов, а не востребованная вода возвращается в резервуар, на подъем которой расходуется определенная электроэнергия. Применение регулируемого привода здесь позволяет сэкономить потребляемую электроэнергию до 40%. Расходы на электроэнергию при правильной схеме питания водоснабжения не должна превышать 10 Вт на кг выпускаемой продукции.

Затраты на снабжение воздухом также лежит в пределах до 10 Вт/кг.

Потребляемая мощность для охлаждения воды составляет 100 Вт/кг.

Учитывая вышеизложенное из расчета на 1 час производства выпускаемой продукции, потребляемые электрические мощности можем раскладывать следующим образом:

- главный привод экструдера - 110 Вт/кг;
- вспомогательный привод экструзии - 90 Вт/кг;
- миксер - 40 Вт/кг;
- охлаждение воды - 100 Вт/кг;
- подача воды - 10 Вт/кг;
- сжатый воздух - 10 Вт/кг;
- вспомогательное хозяйство - 40 Вт/кг;

Таким образом, потребляемая электрическая мощность на производство 1 кг ПВХ экструзионного изделия составляет 400 Вт/кг с учетом собственных нужд. Практически на производствах эта цифра курсирует между 600-650 Вт/кг. Потребность в этих изделиях на душу населения в промышленно развитых странах СНГ лежит в пределах 2 кг/чел в месяц. Если покажем на примере Украины с населением в 50 млн. человек, с потребностью в ПВХ изделий в 100 000 тон/месяц, потребляемая электроэнергия должна быть не более 40 МВт, а фактически она находится в пределах 65 МВт. Оплаченные потери электроэнергии составляют больше 60% , т.е. 25 МВт, которые достаточны для обеспечения одного населенного пункта с населением в 50 000 чел.