

Нагрузки при работе фрезы и динамическое уравнивание ее вращающейся массы.

Процесс резания ПВХ профиля фрезой носит прерывистый характер, поскольку зубья фрезы последовательно входят в обрабатываемый профиль с определенным усилием.

Величина силы резания, резко нарастает в момент контакта режущей кромки с поверхностью ПВХ профиля, до величины необходимой для начала образования стружки. Толщина снимаемой стружки в момент входа режущей кромки в профиль, а затем в ходе процесса резания, существенно влияет на силу резания. Кроме того, величина силы резания зависит от свойств материала ПВХ профиля, направления и величины подачи фрезы к обрабатываемому профилю, направления вращения фрезы по отношению к профилю.

Для оценки действия, силу резания раскладывают на две взаимно перпендикулярные составляющие, тангенциальную и радиальную. Считается, что обе эти составляющие силы резания приложены к режущей кромке зуба.

Радиальная составляющая, действует по радиусу фрезы, проходит через центр вращения и поэтому не берет от привода мощности на вращение фрезы. С одной стороны она воздействует на профиль, а через него на прижим и станину станка, с другой, на вал станка и через него на подшипники привода. От направления вращения эта сила не зависит.

Тангенциальная составляющая силы резания действует перпендикулярно радиусу и совпадает по направлению с линейной скоростью вращения режущей кромки зуба. Её величина и определяет затраты мощности привода станка на вращение фрезы.

Из практики известно, что радиальная составляющая по величине не превышает 10% от тангенциальной. Поэтому, в дальнейшем будем рассматривать воздействие только от тангенциальной силы, и именно ее будем рассматривать как силу резания.

Рассмотрим схемы фрезерования, используемые на станках для изготовления окон. Например, приведенную на рис.4.1 оптимально использующую направление вращения и подачи фрезы, при зачистке угла рамы или створки после сварки.

На рис. 4.2. приведена схема фрезерования торца импоста с оптимальным сочетанием направления вращения и подачи фрезы.

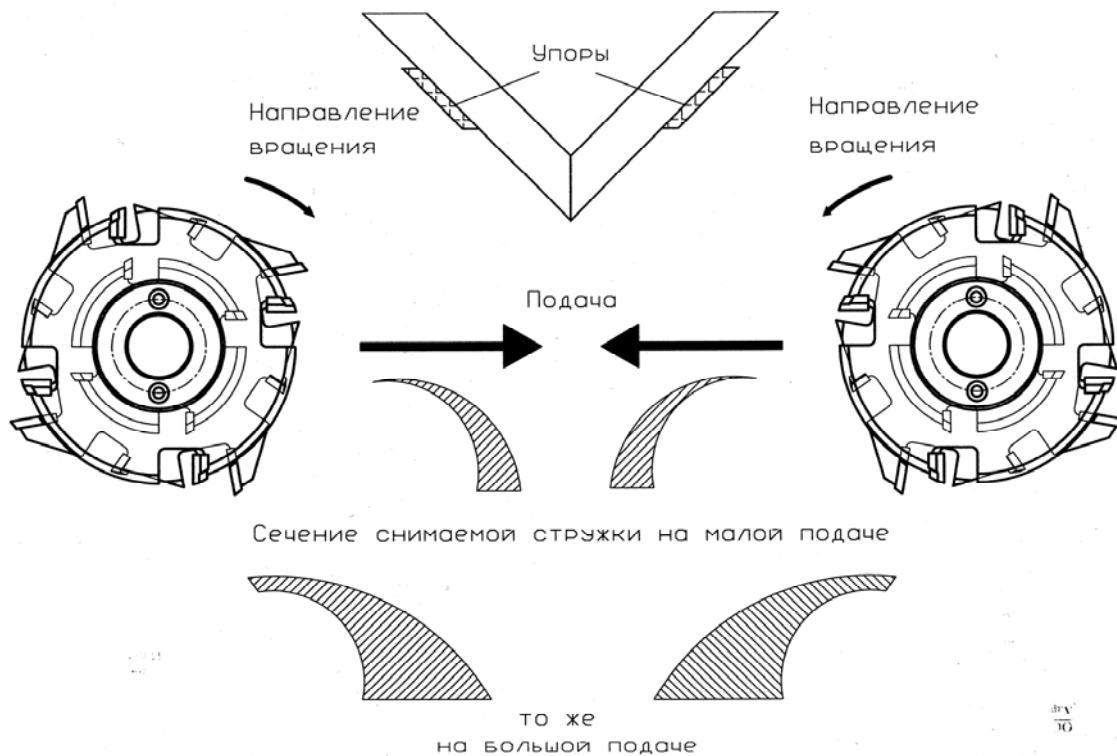


Рис. 4.1 Схема зачистки угла рамы или створки с оптимальным выбором направления вращения и подачи фрезы.

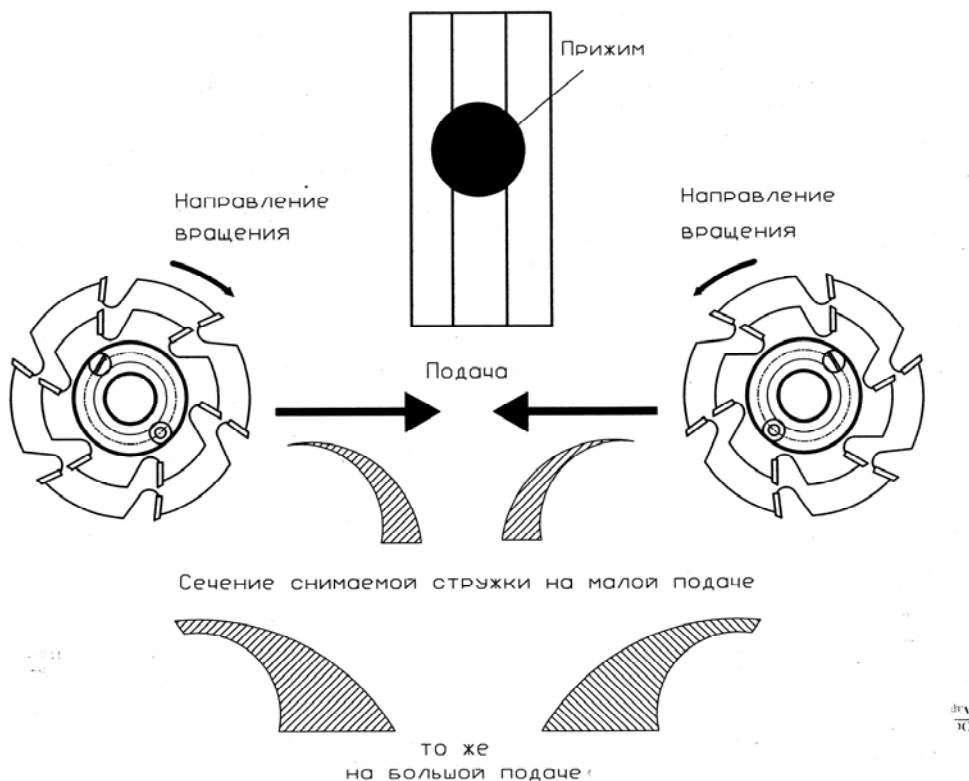


Рис. 4.2 Схема фрезерования торца импоста с оптимальным выбором направления вращения и подачи фрезы.

Для обеих схем, при оптимальном выборе направления вращения и подачи фрезы, сила резания прижимает профиль к упорам станка. Врезание при обработке происходит со стороны боковой стенки профиля, действующая сила резания, как бы

растягивает профиль, что снижает вероятность скола. Величина силы резания зависит от сечения стружки, чем больше подача, тем больше сечение стружки, тем больше сила резания. При этом, выбирая подачу, можно добиться небольшой силы резания, с плавным нарастанием на конец реза. Ударная нагрузка на зуб фрезы и профиль при таком фрезеровании минимальна.

Достаточно на приведенных схемах поменять направление вращения фрезы и ситуация с нагрузками существенно изменится. Для лучшего восприятия перечертим схемы под другое вращение с неоптимальным выбором вращения и подачи фрезы и приведем их на Рис. 4.3 и Рис. 4.4.

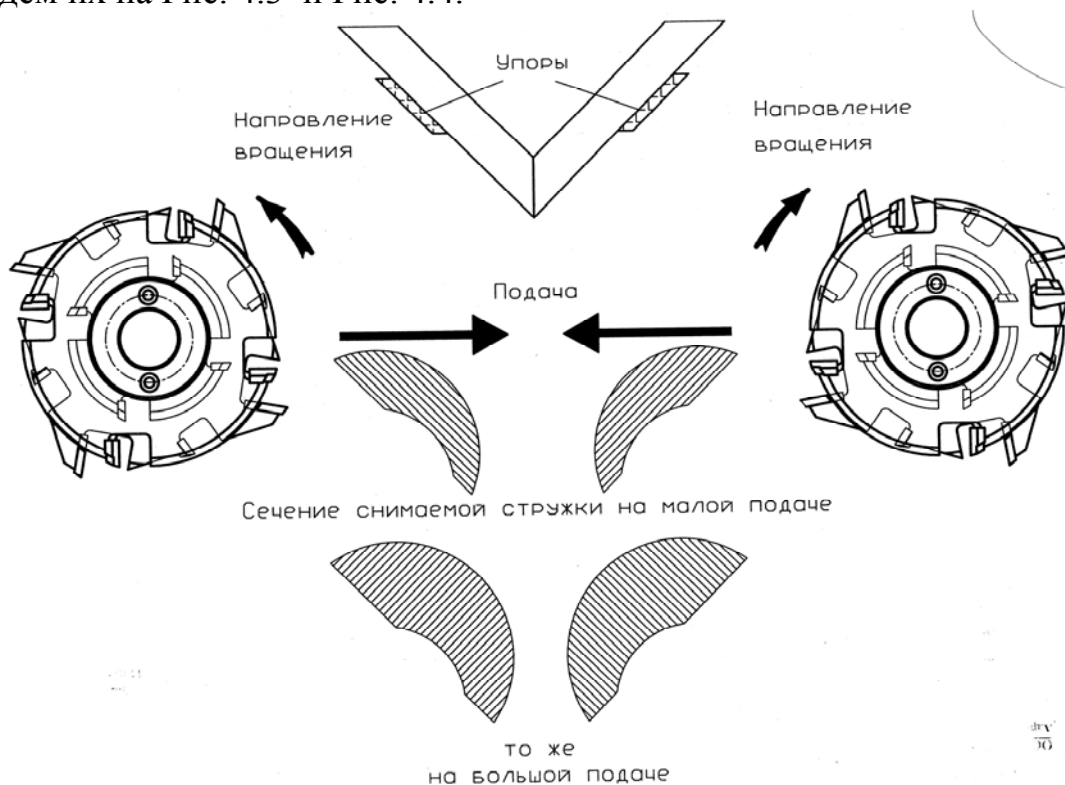


Рис. 4.3 Схема зачистки угла рамы или створки с не оптимальным выбором направления вращения и подачи фрезы.

При смене направления вращения, врезание режущей кромки в профиль происходит не со стороны стенки, а со стороны торца профиля. При этом мы впервые должны сказать о влиянии жесткости (упругости) как самого профиля, так и системы «профиль – фреза - станок» на силу резания.

Если нажать на профиль со стороны боковых стенок, то мы почувствуем, как он пружинит. Если нажать на короткий обрезок профиля со стороны торца, то мы почувствуем скорее активное сопротивление воздействию силы, без видимой деформации, чем упругость при нажатии со стороны боковой стенки. Это и есть жесткость, чем активнее профиль или система «профиль – фреза - станок» сопротивляются силе пытающейся ее деформировать, тем большей жесткостью обладает изделие или система.

В момент контакта режущей кромки с поверхностью профиля, мы имеем удар вращающейся массы фрезы. Мы уже говорили, что сила резания в начале стремительно нарастает, но насколько стремительно? Очевидно, что при ударе режущей кромки в боковую стенку профиля, в силу её упругости, вначале имеем

деформацию профиля с относительно плавным нарастанием усилия. Как только усилие на режущей кромке превысит прочность материала, начнется процесс резания.

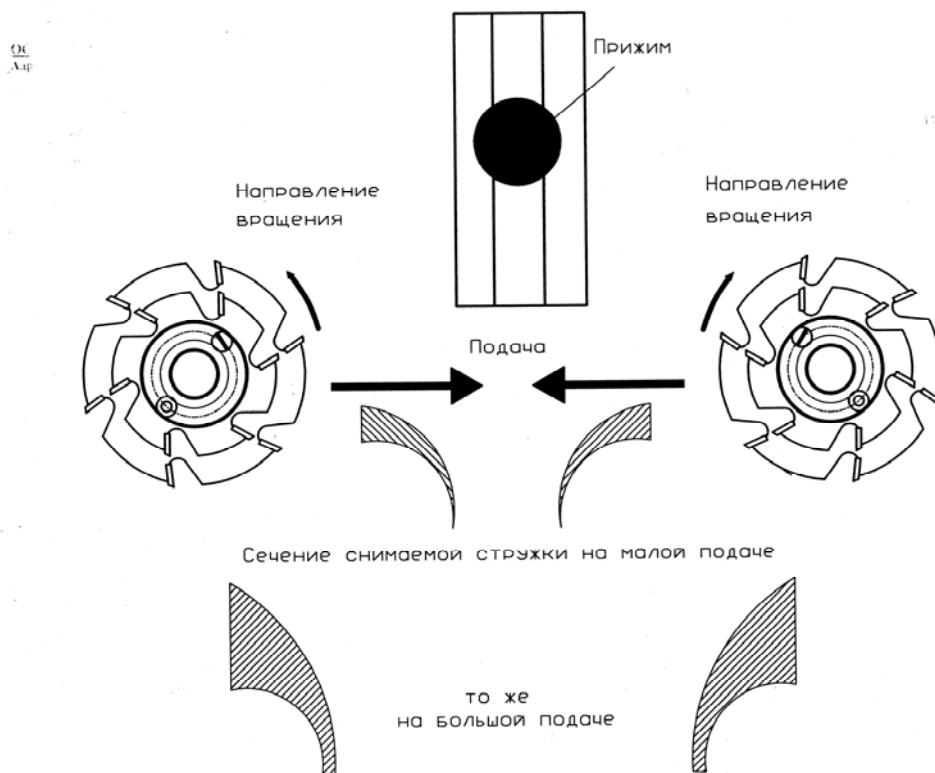


Рис. 4.4 Схема фрезерования торца импоста с не оптимальным выбором направления вращения и подачи фрезы.

При ударе в жесткий торец профиля, деформации минимальны и пружинить нечему, возникает эффект молотка, известный нам из школьного курса физики. Суть этого эффекта в том, что накопленное движущимся телом количество движения, равное произведению массы тела на его скорость, при соударении тела с жесткой поверхностью, реализуется в виде значительной силы удара.

Другими словами при заходе режущей кромки фрезы со стороны боковых стенок профиля мы не имеем удара, а при заходе со стороны торца, имеем кратковременную ударную силу, действующую десятые или сотые доли секунды. По величине эта сила в несколько раз может превышать необходимую силу резания.

Как сила удара, так и сила резания пытаются оторвать профиль от упоров станка. Этому препятствуют только прижимы. В зоне обработки профиль подвергается сжатию, что при определенных условиях может способствовать сколам профиля.

Можно ли за счет конструкции фрезы снизить возникающие ударные нагрузки? Да, можно. Поскольку, контакт идет по режущей кромке, то нужно уменьшать длину режущей кромки. Когда зубья прямые, это достигается снижением ширины отдельного диска наборной фрезы, с одновременным увеличением числа дисков в составе набора. В некоторых случаях достаточно увеличить число зубов на фрезе.

Если выполнить зуб наклонным к оси вращения фрезы, величину контакта режущей кромки, с профилем можно свести к точке.

Слабым местом фрезы, являются швы пайки твердосплавных пластин к корпусу. Удары по режущей кромке возникающие, при неправильном выборе режима работы фрезы, чаще всего разрушают именно эти швы, приводят к растрескиванию структуры пластин.

Серия непрерывных ударов при работе фрезы, вызывает упругие колебания (вибрации) в деталях станка, энергия таких ударов поглощается фрезой, станиной и подшипниками вала станка, а это отнюдь не способствует их долгожительству.

Наличие колебаний (вибраций) в системе «профиль – фреза - станок» снижает качество обработки поверхности и может приводить к сколам профиля. (**Вибрация** - от латинского . «Vibratio» - колебания)

Таким образом, от жесткости (упругости) системы - «профиль – фреза – станок» и режимов работы фрезы зависит живучесть оборудования, самого инструмента и качество обработки деталей из ПВХ профиля.

Обычно в инструкциях и каталогах на оборудование даются все габаритно-установочные характеристики режущего инструмента и предельные величины рабочих режимов и обрабатываемых профилей. Поэтому при наличии соответствующего оборудования о жесткости системы «профиль – фреза - станок» не следует беспокоиться. Однако на практике не всё так просто.

Во первых, не всегда выбран правильно сам станок, в большинстве случаев подбор оборудования зависит в первую очередь от объёма денежных средств на его приобретение, а во вторую очередь от грамотности выбора.

Во вторых, изготовителю окна иногда предлагают фрезы, по своим габаритным характеристикам, отличающимся от указанных в техническом описании на станок. Увеличение габаритов и размеров режущей части фрез приводит к увеличению нагрузки на подшипники привода, увеличению вращающихся масс самого инструмента и увеличению вибрации.

Занижение размеров, с одной стороны, ведёт к уменьшению вращающейся массы инструмента, с другой, приводит к увеличению консольного выступания профиля за границу рабочего стола, и следовательно, к снижению его жесткости и увеличению его вибрации в процессе обработки.

В третьих, на упругие колебания системы «профиль – фреза - станок», вызванные рабочими режимами фрезы, накладывается вибрация, от движущихся и вращающихся частей оборудования и вращающейся массы самой фрезы.

При исправном оборудовании, наибольшее значение имеет неуравновешенность (дисбаланс) вращающейся массы фрезы. Чем большее значение имеет неуравновешенность, тем большее значение силы воздействующей на станок мы имеем. Эта сила пропорциональна квадрату скорости вращения, направлена по радиусу фрезы и вращается вместе с ней.

Опасность наличия такой силы, в усилении действия колебаний в системе «профиль – фреза - станок» вызванных рабочими режимами фрезы.

Величина неуравновешенности вращающихся масс измеряется в граммах на миллиметры на один килограмм массы фрезы ($г*мм/кг$). Неуравновешенность образуется из-за:

- неравномерной плотности материала фрезы;

- несовпадения оси вращения с центром массы;
- не соблюдения требований точности к размерам и параметрам отдельных элементов фрезы.

Например, плотность материала в разных зонах корпуса фрезы изготовленного из круглого и листового проката конструкционной стали может быть разная. Поэтому, абсолютно одинаковые корпуса фрез, изготовленные из круга и листа, будут иметь разную степень неуравновешенности массы. Предпочтение надо отдавать круглому прокату, где неравномерность плотности материала по сечению круга выражена меньше.

Несовпадение оси вращения с осью фрезы, может возникнуть, когда изготовитель фрезы сместит за пределы допуска ось посадочного отверстия или диаметр этого отверстия сделает больше допустимого, или то и другое сразу. Например, смещение оси посадочного отверстия (эксцентриситет) 0.03 мм., тогда только по этому параметру имеем неуравновешенность 30 г*мм/кг (1000г*0,03мм/1 кг).

Динамическое уравнивание вращающейся массы фрезы осуществляется на специальном оборудовании с постоянным принудительным вращением детали. Этот метод устраняет все составляющие неуравновешенности (дисбаланса) и применим как для одиночных, так и составных фрез любых размеров. Используется на балансировочных станках с вертикальным или горизонтальным расположением оси вращения детали.

В тоже время, имеет место попытка замены динамического уравнивания статическим балансированием, суть которого сводится к поиску тяжелого места, с последующим удалением лишнего металла. Метод дает приемлемые результаты при низких скоростях вращения фрез.

Полностью устранить неуравновешенность вращающейся массы практически невозможно, но снизить ее до разумного минимума — реально.

По проекту ГОСТ Р величина динамической неуравновешенности вращающихся масс должна быть не более (г*мм/кг):

Частота вращения до 3000 мин ⁻¹	- 50;
Св. 3000 мин ⁻¹ до 4500 мин ⁻¹ включительно	- 31;
Св. 4500 мин ⁻¹ до 6000 мин ⁻¹ включительно	- 25;
Св. 6000 мин ⁻¹ до 9000 мин ⁻¹ включительно	- 17;
Св. 9000 мин ⁻¹	- 12.

Дисбаланс фрез при статической балансировке должен быть не более (г*мм/кг):

Частота вращения до 3000 мин ⁻¹ включительно	- 25;
До 7500 мин ⁻¹ включительно	- 15.

Из выше сказанного следует, что правильно подобранные режимы работы фрез с соответствующей оборудованию остаточной неуравновешенностью является залогом уменьшения вибраций, сохранения оборудования и фрез от поломок, снижения затрат на брак при обработке ПВХ профиля.