

технологических условий суммарная длина резания (10-11 деталей), равная 950-1000 мм, может служить критерием затупления ротационного резца.

Рекомендации по выбору оптимальных конструктивно-технологических параметров ротационного точения износостойких порошковых покрытий из самофлюсующихся сплавов типа ПГ-СРЗ-ОМ твердостью до 48 HRC:

Геометрическая схема установки ротационного резца – вторая (одноповоротная).

Схема резания – обратная.

Конструкция подшипникового узла ротационного резца – повышенной жесткости с 2-мя радиально-упорными подшипниками в передней опоре (рис. 2).

Режущая чашка диаметром 46 мм (форма 12050 ГОСТ 25403-83 из твердого сплава группы ВК).

Угол установки оси резца:  $\varphi_y = 15^\circ$ ,  $\omega = 25^\circ$ .

Углы заточки режущей чашки ротационного резца:  $\gamma_\omega = 25^\circ$ ,  $\alpha_3 = 20^\circ$ , упрочняющая фаска на передней поверхности  $f = 0,1-0,3$  мм под углом  $\gamma_{cp} = 0...5^\circ$ .

Шероховатость рабочих поверхностей резца -  $R_a$  не более 0,30 мкм, радиальное и осевое биение режущей кромки не более 0,005...0,008 мм.

Режим резания:  $V$  – до 5 м/с,  $S = 0,3$  мм/об,  $t = 0,2$  мм. Подача на переднюю поверхность резца пластичной смазки на основе солидола с добавкой 2% дисульфида молибдена.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А., Соусь В.В. Прогрессивные схемы ротационного резания металлов.- Мн: Наука и техника, 1972. г. 2. Ящерицын П.И., Борисенко А.В., Дривотин И.Г., Лебедев В.Я. Ротационное резание материалов. – Мн.: Наука и техника, 1987. 3. Шатуров Г.Ф., Мрочек Ж.А. Прогрессивные процессы механической обработки поверхностей. – Мн.: УП “Технопринт”. 2001. 4. Обработка износостойких покрытий /Под общей ред. Ж.А.Мрочека. – Мн.:Дизайн ПРО, 1997. 5. Лебедев В.Я Сидоренко В.А. Особенности ротационного точения стаеклопластиков. В сб. научных трудов “Машиностроение”, вып. 22., Минск, 2007.

УДК. 94. 084

*Дечко Э.М., Гутфрайнд О.А., Денисович М.И.*

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ

*Белорусский национальный технический университет  
Представительство фирмы ISCAR, Минск*

Современное развитие машиностроения в условиях глобализации и конкуренции непосредственно связано с повышением требований к металлорежущему оборудованию, с применением новых технологий, обеспечивающих высокие производительность обработки и износостойкость инструментов, точностные параметры изделий, надежность и долговечность деталей машин и механизмов.

В последние годы в Беларуси значительно увеличился парк высокоскоростных станков, что потребовало применения инструментов со сменными твердосплавными пластинами, работающих на высоких режимах резания.. На белорусском рынке присутствует продукция фирм Sandvik Coromant, Швеция, Sandvik-MKTC; ISCAR, Израиль; SECO, Швеция; PRAMET, Чехия; MITSUBISHI CARBIDE, Япония. Новая компания на рынке республики -- «Taegu Tec», Корея. Из российских производителей максимальные объемы поставок твердосплавного инструмента осуществляет Кировоградский завод твердых сплавов.

Одна из проблем при покупке современного инструмента -- это его цена, которая обычно выше цены отечественного. Однако следует учитывать показатель «Цена-Качество» и что стоимость инструмента в конечном счете составляет 3...5% от себестоимости готовой продукции. При правильном выборе инструмента и режимов резания сокращается время на обработку, значительно увеличивается объем снимаемой стружки в единицу времени, исключаются промежуточные операции, время на переустановку износившегося инструмента, повышается качество обработанной поверхности.

Многофункциональность инструмента позволяет сократить его номенклатуру и запасы на складе, повысить производительность оборудования. Сочетание современных твердых сплавов и оптимальной геометрии режущих пластин и вставок позволяет обрабатывать практически любые материалы с твердостью до 60HRC. Пластины на основе кубического нитрида бора используются при обработке закаленных сталей твердостью 45-65 HRC.

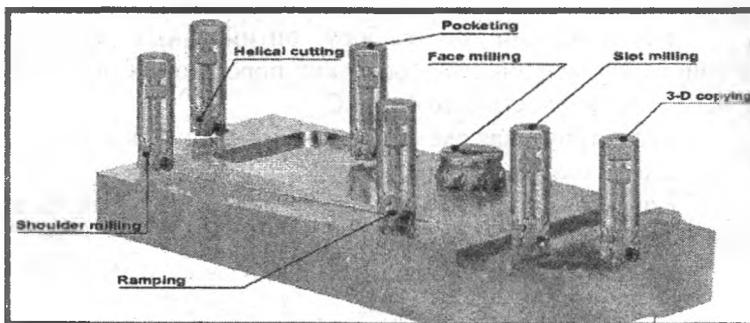


Рисунок 1 – Основные виды фрезерной обработки

Высокоскоростная обработка, HSM - High Speed Machining, наиболее интенсивно развивается при процессах точения, сверления и фрезерования, что связано с появлением новых конструкций станков, разнообразием конструкций инструментов, новых инструментальных материалов, специальных многослойных и нанопокровтий.

Процесс высокоскоростного фрезерования - один из широко применяемых в различных отраслях промышленности. Фрезерование позволяет выполнять самые разнообразные операции: обработка плоскостей, уступов, пазов сложной конфигурации, нарезания резьб и др., рис.1.

Фрезы – многозубый инструмент, отличающийся большим разнообразием типов, форм, конструкций и применений. Одно из преимуществ фрез состоит в том, что они позволяют производить фасонную обработку деталей, не требуя ни сложной установки, ни высокой квалификации рабочего.

Для высокоскоростной обработке используются фрезы со сменными пластинами, которые имеют ряд преимуществ перед напайными пластинами, а именно:

- исключение из производственного процесса трудоемких операций пайки и заточки, требующих дополнительных трудозатрат, специальных участков, технологической оснастки, оборудования и абразивного инструмента;
- значительное увеличение срока службы инструмента за счет смены режущих кромок пластин и использования одного корпуса при замене марки твердого сплава;
- максимальная унификация и взаимозаменяемость составных элементов, сокращение номенклатуры режущих пластин;
- возможность автоматизации замены инструмента и его отдельных частей без дополнительной настройки за счет высокой точности изготовления пластин, что позволяет значительно сократить время вспомогательных операций;
- возможность повышения режимов обработки при сохранении качества обрабатываемой поверхности за счет использования пластин с износостойким покрытием и др.
- На примере рассмотрим торцевые фрезы для высокоскоростного резания. Конструкция торцевой фрезы может иметь:
  - увеличенное или минимальное число зубьев, а следовательно, и соответствующий диаметр корпуса с учетом заданных условий обработки, отвода стружки и подачи СОЖ ;
  - возможность осевого и радиального регулирования положения режущих кромок фрезы;
  - надежность крепления режущих пластин в пазах корпуса или кассеты;
  - минимальное число элементов крепления режущих пластин;
  - минимальное количество элементов регулировки положения режущих кромок.

Некоторые способы установки и крепления пластин в корпусах фрез представлены на рис. 2.

Наибольшее распространение получили фрезы с креплением пластины непосредственно на посадочное место, соответствующее форме пластины. Крепление осуществляется винтом / винтовой тип крепления /, рис.2, а. Для исключения возможности смещения, опорная поверхность пластины и корпус могут иметь рифления, рис.2, б.

Для предотвращения повреждения посадочной поверхности при поломке пластины используют специальные подкладные пластины, рис.2 в, клиновое крепления пластин рис. 2 г или крепление прихватом рис.2 е.

Пластины *RCCW*, *ISCAR*, имеют нижний цилиндр, вставляющийся в отверстие гнезда пластины, рис. 2з, и обеспечивает жесткое крепление, воспринимая силы, приходящиеся на крепежный винт. Подпружиненный шарик, расположенный в гнезде, и карманы, выполненные по периферии пластинки, позволяют ориентировать последнюю в восьми положениях. Смена режущей кромки производится ослаблением винта, поворотом пластинки и затягиванием винта /снимать винт нет необходимости/.

Для достижения поверхности высокого качества производят подстройку вылета фрезерных пластин. Конструкция клинового регулирования пластин с точностью до 0,1 мм представлена на рисунке 2 (тип *ж*). В конструкции рисунка 2 (тип *и*) регулировка возможного вылета осуществляется полностью для всей кассеты посредством эксцентрика 2 при отжатых винтах 4.

Основными составными элементами сборных торцовых фрез являются режущая пластина, опорная пластина, элементы крепления пластины (винт с конической головкой, прихват, эксцентриковая головка и т.д.), кассета и корпус. В процессе работы, под действием сил резания составные элементы фрез деформируются, в результате чего возможно изменение форм и геометрических размеров, сдвиг элементов относительно друг друга, измененные контактные напряжения, способные при определенных условиях привести к разрушению пластин.

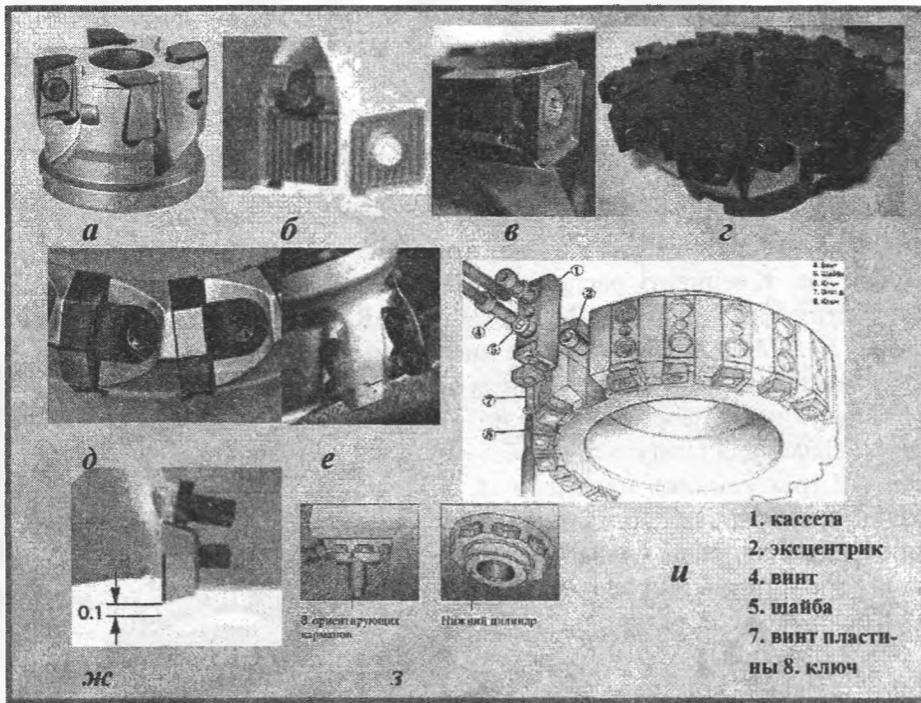


Рисунок 2 – Крепления сменных пластин в корпус фрез

К сборным торцовым фрезам предъявляют следующие требования:

- минимизация дисбаланса инструментальной оправки балансировки инструмента;
- минимизация массы фрезы за счет применения легких сплавов корпуса;
- прецизионная установка кассет и режущих пластин и элементов их крепления;
- высокоточное расположение базирующих поверхностей корпуса относительно оси вращения фрезы (соосность, биение поверхностей);
- выбор стабильных сил закрепления режущих элементов;
- обеспечение требований безопасности работы;
- обеспечение стабильного стружкодробления и достаточных объемов для размещения и удаления стружки;
- качественная сборка и выверка расположения режущих кромок инструмента относительно базирующих поверхностей и оси вращения.
- При оптимизации процесса скоростное фрезерование было наиболее эффективным, необходимо соблюдать ряд условий, главными из которых являются:
- выбор марки твердого сплава в зависимости от условий фрезерования (чистовое, черновое), механических характеристик срезаемого слоя, состояния фрезерного станка;

- выбор конструкции торцевой фрезы в соответствии с величиной припуска на обработку, жесткостью СПИД и мощностью фрезерного станка;
- выбор геометрии торцевой фрезы (переднего и заднего углов, угла наклона главной режущей кромки, главного угла в плане и др.) в соответствии с механическими свойствами срезаемого слоя и условиями фрезерования;
- механическое крепление пластин, исключающее образование на пластинах трещин и других дефектов;
- точная установка и прочное крепление торцевых фрез на станке;
- применение быстродействующих многоместных гидравлических и пневматических приспособлений, обеспечивающих быстрое и надежное закрепление обрабатываемых деталей;
- модернизация фрезерных станков с целью увеличения числа оборотов шпинделя, мощности электродвигателя главного привода, увеличения жесткости и виброустойчивости станка;
- назначение режимов фрезерования (подачи, скорости резания) в соответствии с заданной чистотой обработки поверхности, конструкцией фрезы, геометрией ее режущей части, материалом обрабатываемой детали, мощностью и жесткостью фрезерного станка и т.д.

Для достижения более высокого качества обрабатываемой поверхности и снижения усилий резания на зуб процесс фрезерования стараются приблизить к процессу шлифования, для этого применяют фрезы с мелким шагом.

Одна из новых конструкций фирмы ISCAR, торцевая фреза имеет мелкий шаг *F845 -13*, что достигается при креплении пластины винтом, расположенным под углом относительно оси пластины, рисунок 3 *а*. К варианту расположения пластин с мелким шагом можно отнести клиновое крепление пластин, фреза *F45WG D200 z=28* (ISCAR), рисунок 3 *б*. Аналогичная фреза с винтовым креплением *F45HM D200* насчитывает число зубьев  $z=12$ .

При высокоскоростном фрезеровании используются следующие формы пластин: квадратная, треугольная, для контурного фрезерования (ломанный трехгранник), пятигранная, шестигранная, восьмигранная, ромбическая, круглая, длиннокромочная, специальная конструкция. Главный угол в плане при вышеуказанных пластинах в основном составляет:  $45^\circ$  ( $44^\circ$  – для восьмигранной пластины),  $75^\circ$ ,  $90^\circ$ . Максимальная глубина резания при использовании торцевых фрез ISCAR может достигать 21 мм. Для диаметра 250 мм при клиновом креплении пластин количество эффективно работающих зубьев 36 шт (торцевая фреза ISCAR: *F45WG D250-36-60-FX-R08*), рисунок 3 *б*.

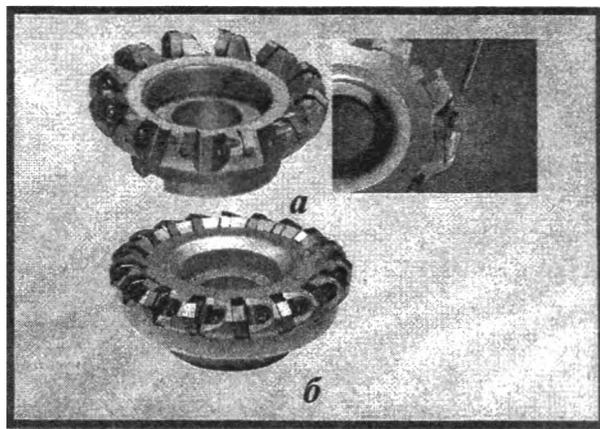


Рисунок 3 – Конструкция фрез ISCAR с мелким шагом

Разработчики фирмы ISCAR считают, что в настоящее время в инструменте производимом на их заводе используется около 30% от общего ресурса возможности проектирования и производства. Таким образом, изобретая новую конструкцию, геометрию, покрытия и пр., производитель зачастую ведет борьбу не только с другими производителями, но и конкурирует сам с собой, внедряя новые разработки и вытесняя старые.

Одна из новых разработок фирмы ISCAR - это новое семейство двухсторонних пластин с 4 спиральными режущими кромками *HELIDO 490* для фрезерования  $90^\circ$  уступов, рисунок 4 *а*. Длина пластины 17 мм таким образом глубина резания может доходить до 16 мм, шаг при осевой подаче до 10 мм. На рисунке 4 *б, в* представлены экономичные двухсторонние пластины с 8 (*HELIDO 845*) и 16 (*16 MILL*) режущими кромками соответственно. Пластина с 16-тью гранями может быть установлена в гнезде для 8-ми гранной, т.о. используя один корпус для двух типов платин. Максимальная глубина обработки для 8-ми гранной пластины составляет до 7 мм. Максимальная глубина резания равна 5,5 мм, когда подразумевается использование всех 16 кромок, и достигает 13 мм, при использовании лишь 8 из них. Несмотря на увеличенную толщину, эти пла-

стины более экономичны по сравнению с обычной односторонней пластиной (в расчете стоимости на одну режущую кромку).

Основные преимущества:

- прочная конструкция пластины;
- положительные углы резания (меньшие силы резания);
- уменьшение тепловыделения;
- повышение качества поверхности, исключение дополнительного чистового фрезерования за счет зачистной кромки;
- жесткое крепление пластин в гнезде инструмента, выполненное по типу «ласточкин хвост», осуществляется резьбой M5;
- износостойкое покрытие HARD TOUCH для повышение стойкости корпуса;
- подвод СОЖ через корпус для обеспечения удаления стружки, повышая стойкость) рисунок 4 г.

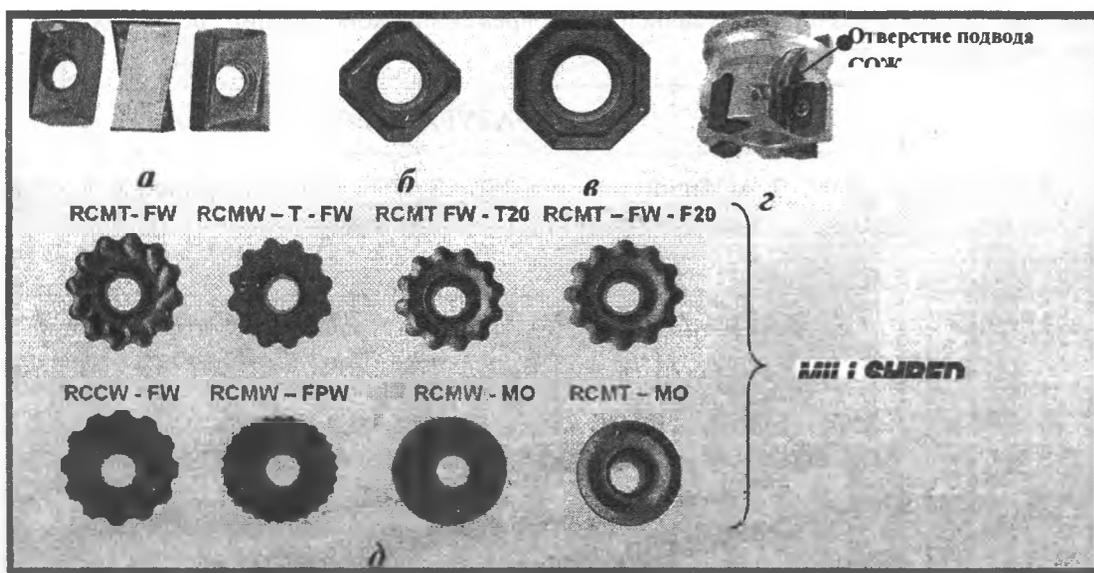


Рисунок 4 – Новые разработки ISCAR

Для обеспечения отвода стружки при обработке полостей и карманов фирмой предложены пластины со специальной формой (звездочка) для разделения стружки, рисунок 4 д, под названием **MILL SHRED**, которые устанавливаются в корпусе с поворотом на зуб. Стружка, образованная при использовании таких пластин и величины подач при различных глубинах резания представлены на рисунке 5 и в табл.1.

Таблица 1 – Сравнительный анализ подач пластин **MILL SHRED**.

глубина резания ар, мм	обозначение пластины		
	RCMW-MO RCMT-MO	RCMT-FW RCMW-FW	RCMT-FW-T20 RCMT-FW-T20
	fz, мм/зуб		
8	0,20	0,25	0,12
5	0,40	0,30	0,15
3	0,75	0,35	0,20

Фирма ISCAR более 30 лет проводит испытания своей продукции, в первую очередь, на машиностроительных предприятиях республики, обеспечивая повышение производительности. Основным показателем при этом является сокращение времени на обработку за счет высоких режимов резания и высокого качества обработанных поверхностей. Например, согласно акту испытаний ОАО «Амкадор-Ударник» использование фрез ISCAR F90 LN D100-12-32-RN15 с 12 пластинами LNMT 1506 PNTN IC910 позволило сократить машинное время в 6,7 раза и обеспечить шероховатость поверхности порядка Ra=1 мкм. При этом выполняется обработка поверхности за один проход и исключается из техпроцесса разделение припуска на черновой и чистовой проходы.

Материал детали: чугун СЧ 20, отливка. Станок ОЦ 2206ВМ Ф4. Режимы резания фрезы ISCAR:  $n=560$  об/мин ( $V=176$  м/мин);  $t=1,5$  мм;  $S_f=800$  мм/мин ( $S_z=0.12$  мм/зуб). Ранее применявшийся инструмент: фреза торцовая с наборными режущими вставками:  $n=200$  об/мин ( $V=63$  м/мин);  $t=1,5$  мм;  $S_f=120$  мм/мин ( $S_z=0.05$  мм/зуб).

Инструменты фирмы ISCAR успешно работают более чем на 300 предприятиях Беларуси, среди которых РУП «МТЗ», РУП «МАЗ», РУП «МЗКТ», РУП «ММЗ», ОАО «Атлант» и др. За последний год объем внедрения инструмента ISCAR увеличился более чем в два раза, что связано с необходимостью снижением себестоимости продукции предприятий в том числе и за счет уменьшения энергоёмкости процесса резания, что зависит от современных конструкций режущих инструментов, их материалов и покрытий.

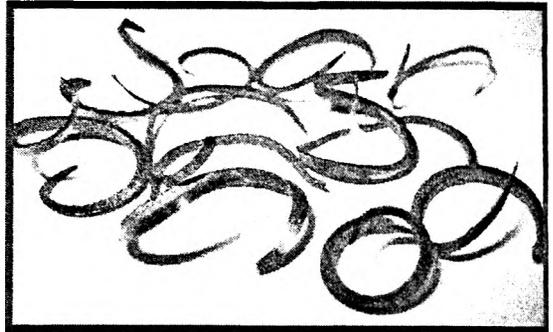


Рисунок 5 – Виды стружек при обработке сталей фрезами MILL SHRED

## ЛИТЕРАТУРА

1. [WWW.ISCAR.COM](http://WWW.ISCAR.COM).
2. «Общий каталог» ISCAR LTD, 2005.
3. «Rotation tool» ISCAR LTD, 2008.
4. <http://www.ist-tilt.com/seco/frezer>.
5. <http://public.kompass.ua/publ/17-1-0-71>

УДК 621.993.187

Шагун В. И., Чарторийский А. В.

## ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ КОНСТРУКЦИИ МЕТЧИКОВ НА ОТКЛОНЕНИЯ ШАГА РЕЗЬБЫ В СТАЛИ

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Резьбовые соединения широко используются в конструкциях машин, агрегатов, приборов, приспособлений и др. изделий различных отраслей промышленности. Эксплуатационные требования к резьбовым соединениям зависят от их назначения, и допускаемые отклонения должны быть строго регламентированы. Линейные размеры крепежных резьб выражаются в мм. У дюймовых резьб линейные размеры измеряются в дюймах.

Самым распространенным методом нарезания резьбы является нарезание резьбы метчиками, т.к. в корпусах и на изделиях больших габаритов резьбу получить другими методами практически невозможно, либо чересчур затратно.

На точность резьбообработки сильно влияют осевая и радиальная силы, возникающие во время резьбонарезания. Устранить их практически невозможно, однако есть возможность их уменьшить путем выбора рациональных схем резания, геометрии метчиков и патронов для их крепления или устранить их влияние путем различных компенсаторов, жестких конструкций патронов с принудительной подачей метчика, различной формы заточек, скруглений, а также различных конструкций метчиков.

Было проведено множество экспериментов которые выявили следующие зависимости точности резьбы от различной конструкции метчиков.

В процессе резьбообработки на метчик воздействуют осевая сила резания и внешняя осевая сила перемещения шпинделя станка при нарезании резьбы методом самозатягивания. Осевая сила

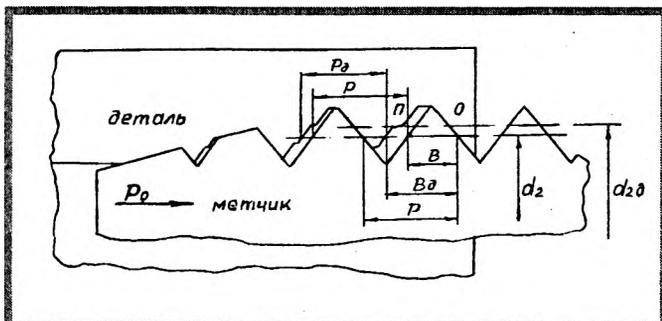


Рисунок 1. Положение метчика в отверстии при нарезании резьбы методом самозатягивания