

УТВЕРЖДАЮ



Заместитель генерального директора -  
Директор технический

Н.А. Илюхин

« 14 » 2011 г.

## РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО ТЕРМИЧЕСКОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ  
КАПРОЛОНА (ПОЛИАМИДА 6)

Начальник цеха полиамида

А.И. Герк

СОГЛАСОВАНО

Главный механик

А.В. Лысов

Начальник производственно-технического отдела

А.Б. Семериков

Начальник ЦНЛ

Т.А. Савина

Губаха

2011

## 1 Общие указания

1.1 Капролон – упругий скользкий материал. Не рекомендуется наносить удары по свободно лежащему полимеру молотком, кувалдой и т.д. Соблюдайте осторожность при складировании. Во избежание порезов рук рекомендуется работать в нитяных или тканевых перчатках.

1.2 Капролон обрабатывается всеми основными видами механической обработки (далее – мехобработка) на металлорежущем оборудовании. Основными особенностями капролона, определяющими специфику обработки являются:

- низкие теплопроводность и температура плавления, вызывающие подплавление при повышенном трении инструмента;
- упругость материала, вызывающая изменение размеров, отверстий при обработке (сверление, зенкерование и др.)
- незначительные силы резания.

1.3 В холодное время года продукцию из капролона перед проведением термической и механической обработок необходимо выдержать при комнатной температуре. Продолжительность выдержки зависит от толщины (или диаметра) продукции (от 10 до 50 мм – не менее 2 суток, от 50 до 100 мм – не менее 3 суток, от 100 до 150 мм – не менее 4 суток, свыше 200 мм – не менее 5 суток).

1.4 Перед проведением мехобработки необходимо снять поверхностный слой (1 мм – 2 мм) по всей поверхности продукции.

## 2 Рекомендации по термической обработке капролона

2.1 Продукцию из капролона (листы, втулки, стержни) толщиной (или диаметром) свыше 100 мм перед механической обработкой обязательно необходимо подвергнуть термической обработке (далее - термообработке) для снятия внутренних напряжений, накапливающихся внутри материала при его получении. Внутренние напряжения влияют на изменение или искажение геометрических размеров деталей в процессе эксплуатации. Особенно это важно в случае получения точных деталей, а также для избежания растрескивания продукции при механической обработке (чаще всего - при сверлении отверстий).

2.2 Для снятия внутренних напряжений проводят термообработку продукции в инертных средах (минеральное масло, парафин), в воде или воздушной среде.

2.2.1 Термообработку в масле проводят при температуре 140 °С – 160 °С. Продолжительность – от 10 до 15 минут на 1 мм толщины (или диаметра) продукции. После выдержки продукцию медленно охлаждают до температуры 20 °С – 30 °С.

2.2.2 Термообработку в воде проводят при температуре 94 °С - 98 °С в течение  $(7 + 0,04 \cdot X)$  часа, где X – толщина (диаметр) продукции, мм. Охлаждение продукции проводят в воде со скоростью не более 5 °С в час до температуры 30 °С – 35 °С.

2.2.3 Термообработку в воздушной среде проводят нагреванием до температуры 160 °С – 180 °С, выдержкой при такой температуре в течение  $(3 + 0,02 \cdot X)$  часа, где X – толщина (диаметр) продукции, мм. Охлаждение продукции проводят со скоростью не более 2 °С в час до температуры 140 °С, далее скорость охлаждения можно увеличить до 10 °С в час.

## 3 Рекомендации по механической обработке капролона

### 3.1 Обработка точением

3.1.1 Точение, подрезку, отрезку, растачивание деталей из капролона следует производить на токарных станках. Для токарных работ следует применять проходные, подрезные, отрезные, расточные резцы, конструкция и основные размеры которых приведены в ГОСТ 18877, ГОСТ 18879, ГОСТ 18882, ГОСТ 18883, ГОСТ 18884.

Материал режущей части резцов – быстрорежущая сталь марок P9 или P18 и твердые сплавы BK8 и T15K6 по ГОСТ 19265, ГОСТ 2209.

Рекомендуемые геометрические параметры режущей части применяемого инструмента (проходные, подрезные, отрезные резцы) указаны в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Материал режущей части	Передний угол, °	Задний угол, °	Главный угол в плане, °	Вспомогательный угол в плане, °	Радиус закругления вершины, мм
Быстрорежущая сталь	25	5	45	45	2
Твердый сплав	15	5	45	45	2

3.1.2 Заточку резцов следует производить на резцезаточных станках типа ЗБ6328 и универсально заточных – типа ЗА64, ЗА64Д алмазно-заточными кругами. Шероховатость передних и задних поверхностей резца 0,32-0,16 мкм.

3.1.3 Рекомендуемые режимы резания для проходного резца указаны в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Материал режущей части	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/об.	Глубина резания, мм	Стойкость резца, мин.
Быстрорежущая сталь или твердый сплав	150 - 300	0,1 – 0,5	1 - 5	60

3.1.4 При подрезке, отрезке, растачивании рекомендуется принять скорость меньше, чем при точении. Скорость можно определить умножением скорости из таблицы 2 на коэффициенты, приведенные в таблице 3.

Т а б л и ц а 3 - Коэффициенты для определения скорости резания при подрезке, отрезке, растачивании

Наименование резцов			
Проходной	Подрезной	Отрезной	Расточной
1,0	0,8	0,7	0,9

3.1.5 Шероховатость обработанной поверхности при точении, подрезке, растачивании зависит от подачи, при подаче 0,1 мм/об. - 0,5 мм/об. и глубине 0,5 мм - 2,5 мм составляет Rz80. При увеличении подачи до 0,6 мм/об. и глубины до 3 мм шероховатость снижается до Rz80 – Rz40. Скорость резания не оказывает влияния на шероховатость поверхности.

3.1.6 При тонкой обточке требуется высококачественная подготовка поверхности детали. Минимальная высота (глубина) микронеровностей должна составлять от 2 мкм до 3 мкм.

### 3.2 Обработка шлифованием

Для шлифования деталей хорошо подходят шлифовальные круги мягкой и средней твердости со средним абразивным зерном. Достижимая минимальная глубина шероховатости такая же, как при точной обточке. Хорошие поверхности получаются при условиях, указанных в таблице 4.

Т а б л и ц а 4

Параметры шлифования	Черновая обработка	Чистовая обработка
Окружная скорость круга, м/с	28	28
Окружная скорость единицы продукции, м/мин	15	50
Скорость стола, м/мин	2	1
Поперечная подача, мм	0,03 – 0,04	0,010 – 0,015

### 3.3 Обработка фрезерованием

3.3.1 Фрезерование уступов, пазов в продукции из капролона производится концевыми фрезами на быстроходных вертикально-фрезерных станках.

3.3.2 Для концевой фрезеровки следует применять фрезы концевые быстрорежущие с крупным шагом по ГОСТ Р 53002. Шероховатость передних и задних поверхностей режущей части фрез - 0,32 мкм - 0,15 мкм. Критерием затупления является износ по задней поверхности - 0,2 мм - 0,3 мм.

3.3.3 При фрезеровании капролона следует применять смазочно-охлаждающие жидкости.

3.3.4 Режимы резания при концевом фрезеровании следующие:

- глубина - 2мм - 6 мм;
- подача - 0,1 мм/зуб – 0,3 мм/зуб;
- скорость - 180 м/мин - 350 м/мин.

3.3.5 Шероховатость обработанной поверхности при концевом фрезеровании при подаче 0,1 мм/зуб – 0,3 мм/зуб, глубине 2 мм составляет Rz20 - Rz2,5. При увеличении подачи до 0,5 мм/зуб шероховатость обработанной поверхности снижается до Rz80.

3.3.6 Для резки капролона следует применять отрезные быстрорежущие фрезы, а также отрезные фрезы, оснащенные пластинками твердого сплава по ГОСТ 20320.

3.3.7 Режим резания для отрезных фрез указан в таблице 5

Т а б л и ц а 5

Материал режущей части фрезы	Скорость резания, м/мин	Подача, мм/зуб
Быстрорежущая сталь	100 - 200	0,01 - 0,03
Твердый сплав	200 - 300	0,01 - 0,03

### **3.4 Сверление отверстий**

3.4.1. Сверление капролона следует производить на универсальном металло-режущем оборудовании.

3.4.2 Для сверления следует применять сверла из быстрорежущей стали Р18, Р9 стандартной конструкции. Сверла должны иметь следующие параметры:

- угол между режущими кромками -  $(118 \pm 2)^\circ$ ;
- задний угол -  $20^\circ$ ;
- угол наклона поперечной кромки -  $50^\circ - 55^\circ$ .

3.4.3 При сверлении отверстий больших диаметров следует, прежде всего, уменьшить обычную толщину перемычки сверла для уменьшения теплоты трения. Для предотвращения разрушения материала следует работать последовательно, начиная со сверления диаметров меньших размеров, увеличивая постепенно отверстия сверлами больших диаметров или с помощью плоского токарного резца. Например, для сверления отверстия диаметром 50 мм следует сначала использовать сверла диаметром 12 мм, потом 25 мм.

3.4.4 При сверлении точных отверстий диаметр сверла из-за усадки обрабатываемого материала должен быть на 0,1 мм больше, чем диаметр отверстия (для диаметров от 10 мм до 30 мм). Для предотвращения разбивки отверстия на входе и конусности, биение сверл, установленных в шпиндель станка, не должно превышать 0,05 мм.

3.4.5 Сверление отверстий диаметром 5 мм - 30 мм производить со скоростями резания 50 м/мин - 100 м/мин и подаче 0,15 мм/об. - 0,30 мм/об. Большие скорости резания и подачи допустимы для больших диаметров сверл. Стойкость сверл, в зависимости от диаметра, составляет 60 мин - 120 мин.

2.4.6 Сверление отверстий глубиной до  $3 \cdot D$  ( $D$  - диаметр сверла) производить без охлаждения. Для отверстий глубиной свыше  $3 \cdot D$  производят охлаждение сверл эмульсией, периодически вынимая сверло из отверстия.

3.4.7 При сверлении или расточке сквозных отверстий, для предотвращения отщеплений и отломов, при подходе к задней границе сверления скорость подачи должна быть снижена. Ручная подача сверла не рекомендуется, так как может произойти «захват» материала.

3.4.8 При сверлении отверстий с соблюдением вышеуказанных режимов обеспечивается получение отверстий обычной точности с чистотой обработанной поверхности до Rz20.

3.4.9 Заточку сверл следует производить на сверлозаточных станках моделей 36Б3 и 3659М. При отсутствии станков заточку производить вручную при соблюдении геометрии и одинаковой длины режущих кромок сверла.

### **3.5 Резание резьбы**

3.5.1 Резание резьбы в капролоне следует производить ручными и машинно-ручными метчиками по ГОСТ 3266 из сталей УПА Р9 и Р18 со стандартной геометрией. Перед резанием резьбы на отверстиях со стороны входа метчика для лучшего направления снять фаски.

3.5.2 При резании на станке резьбы в сквозных отверстиях следует применять для зажима метчика сверлильный патрон. Резание резьбы в глухих отверстиях (диаметром до М10) производить вручную. Отверстия диаметром свыше М10 можно нарезать на станке. Метчик зажимается в предохранительном патроне.

3.5.3 При резании резьбы на станке следует применять следующие скорости резания:

- для метчиков М10 - 4,0 м/мин - 5,0 м/мин.
- для метчиков свыше М10 - 3,0 м/мин - 3,5 м/мин.

3.5.4 Резание резьбы необходимо выполнять с применением машинного масла, наносимого кисточкой на метчик.

### 3.6 Обработка резанием

3.6.1 При распиловке продукции из капролона при неблагоприятных условиях (недостаточно острые зубья, малый шаг зубьев, высокая скорость резания) имеется опасность подплавления и сваривания поверхностей среза.

3.6.2 На круглой и ленточной пиле, которые применяют при металлообработке, можно получить очень чистые срезы при неограниченном количестве зубьев при условиях:

- скорость резания – менее 125 м/мкн;
- подача – 100 мм/мин - 250 мм/мин;
- передний угол – 18° - 20°;
- задний угол – 6° - 50°;
- пат зубьев – 3 мм - 20 мм;
- толщина полотна пилы – 2 мм - 6 мм.

3.6.3 При шаге зубьев более 10 мм требуется охлаждение жидкостью. Следует отдать предпочтение круглым пилам, армированным пластинками твердого сплава.

### 3.7 Обработка строганием

Хорошие поверхности получают при следующих условиях строгания (указанные значения не предельны):

- скорость резания – 40 м/мин;
- подача – 0,3 мм/ход;
- передний угол – 25° - 40°;
- задний угол – 5° - 10°;
- радиус при вершине – более 1мм;
- глубина резания – менее 15 мм.

## 4 Допуски

4.1 Допуски при обработке для деталей из капролона значительно больше, чем допуски при обработке металлических деталей. Причинами этого являются: значительно более высокий коэффициент теплового расширения капролона, объемное расширение в силу влагопоглощения и возможность деформации из-за возникновения остаточных внутренних напряжений во время и после обработки.

4.2 Согласно DIN ISO 2768, DIN 7168, а также рекомендации швейцарского отраслевого объединения VKI / KVS "Допуска для размеров при обработке деталей из пластмасс", допуск для деталей, подвергаемых токарной или фрезерной обработке составляет от 0,1 % до 0,2 % от номинального размера, минимальный допуск для малых размеров составляет 0,05 мм.

4.3 Размеры деталей из капролона следует определять при температуре  $(23\pm 2)^\circ\text{C}$ , относительной влажности  $(50\pm 5)\%$  (ГОСТ 12423).

**Примечание** – Рекомендации по термической и механической обработке капролона разработаны на основе рекомендаций, выданных ОАО «Институт пластмасс», г. Москва.

## Перечень ссылочной документации

ГОСТ 2209-90 Пластины твердосплавные напаиваемые для режущего инструмента. Технические условия

ГОСТ 3266-81 Метчики машинные и ручные. Конструкция и размеры

ГОСТ 12423-66 Пластмассы. Условия кондиционирования испытания образцов (проб)

ГОСТ 18877-73 Резцы токарные проходные отогнутые с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры

ГОСТ 18882-73 Резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава для обработки сквозных отверстий. Конструкция и размеры

ГОСТ 18883-73 Резцы токарные расточные с пластинами из твердого сплава для обработки глухих отверстий. Конструкция и размеры

ГОСТ 18884-73 Резцы токарные обрезающие с пластинами из твердого сплава. Конструкция и размеры

ГОСТ 19265-73 Прутки и полосы из быстрорежущей стали. Технические условия

ГОСТ 20320-74 Фрезы дисковые, оснащенные твердосплавными пластинами, для резки пластмасс типов текстолит, гетикакс и стеклопластиков. Конструкция и размеры

ГОСТ Р 53002-2008 Фрезы концевые с цилиндрическим, коническим хвостовиками и хвостовиком конусностью 7:24. Размеры

DIN ISO 2768-1-1991 Допуски общие. Часть 1. Допуски на линейные и угловые размеры без указания допусков на отдельные размеры

DIN 7168 Основные допуски измерения