

КАПРОЛОН (ТУ ВУ 190526813.001-2015)

Свойства, область применения

КАПРОЛОН (Полиамид-6 блочный) – представляет собой продукт анионной полимеризации капролактама ГОСТ 7850-86, проводимой непосредственно в форме в присутствии щелочных катализаторов и активаторов.

Химическая стойкость	Устойчив к воздействию углеводородов, масел, спиртов, кетонов, эфиров, щелочей, слабых кислот. Не подвержен коррозии, может работать в соленой воде. Экологически чист. Имеет гигиенический сертификат на контакт с пищевыми продуктами и питьевой водой. Растворяется в крезолах, фенолах, концентрированных неорганических кислотах, муравьиной и уксусной кислотах
Продолжительный срок службы	Долговечен, даже при постоянной механической нагрузке.
Электрическая прочность	Высокие диэлектрические свойства капролона позволяют использовать его в радио- и электротехнической отраслях промышленности.
Трение и износ	Обладают низким коэффициентом трения в паре с любыми металлами, хорошо и быстро прирабатывается. Может работать без смазки в узлах трения. Обеспечивает надежную и бесшумную работу устройств и механизмов. Как правило, в 1,5 -2 раза снижает износ пар трения, повышая их ресурс.
Механическая Прочность	Механические свойства близки к металлам. Отлично поглощают ударные нагрузки.

Капролон отлично поглощает ударные нагрузки, имеет малый коэффициент трения и абразивный износ, химически стоек, имеет высокие диэлектрические параметры. Изделия из капролона в 10-12 раз дешевле изделий из бронзы. Подвергается всем основным видам механической обработки на металлорежущих станках.

Капролон заменяет практически любую износившуюся деталь - подшипники, втулки, поршни, слабонагруженные шестерни, ролики, направляющие и т.д., при этом уменьшается уровень шума и возможна работа без смазки. Подшипники из капролона при наличии смазки могут работать при окружных скоростях до 15 м/с и удельном давлении до 50 кгс/см². Коэффициент трения по стали и бронзе со смазкой (вода, масло) 0,04 – 0,08. Износ за 1000 ч работы составляет 0,10 мм. Изготавливается в виде блоков различных диаметров и толщин, а также в виде втулок.

Производятся модификации - окрашенный (черный), графито-, маслonaполненный.

Сравнительные физико-механические характеристика конструкционных материалов

Показатель	Капролон	Полиамид 6	Полиамид 66	Текстолит	Фторопласт	Бронза
Плотность, г/см ³	1,15 – 1,16	1,13	1,14	1,3 – 1,4	2,14 – 2,26	7,5 – 8,9
Твердость по Бринеллю, кг-с /мм ²	13 – 15	5 - 8	8 - 10	25 – 30	3 – 4	60 – 75
Предел прочности, кг-с /см ² , не менее при растяжении при статическом изгибе при сжатии	900 – 950 800 1000 – 1100	500 - 800 700 - 1000 850 - 1000	800 - 1100 1000 - 1100 1000 - 1200	1000 1000 1500	200 – 300 110 – 140 120	1500 – 2800 1500 – 2800
Относительное удлинение при разрыве, %	15 – 30	100 - 150	20 - 30	1	350 – 500	3 – 8
Ударная вязкость без надреза, кДж/м ²	120 – 150	100 – 130	90 - 95	30 – 35	100	100 – 160
Теплостойкость по Мартенсу, °С	75 – 76	50 - 55	75 - 78	120	110	–
Коэф. теплопроводности, ккал/м·час·°С	0,23 – 0,29	-	-	0,5 – 0,8	0,2	60 – 80
Коэф. линейного расширения на 1°С при температуре от – 60°С до +50°С	6,6 - 9,8·10 ⁻⁵	-	-	2,0 - 4,0·10 ⁻⁵	8 - 25·10 ⁻⁵	1,8·10 ⁻⁵
Удельное объемное сопротивление, Ом·см	10 ¹³ – 10 ¹⁴	2,0·10 ¹⁰	2,0·10 ¹⁰	1,0·10 ¹⁰	1,0·10 ¹⁴	–

Водопоглощение, %, не более	6,0 – 7,0	8 - 12	7,2	2,0	–	–
Температурный диапазон эксплуатации, °С	– 50 ÷ +120	– 30 ÷ +105	– 30 ÷ +105	– 60 ÷ +105	– 120 ÷ +260	–

Примеры использования капролона в станкостроении

Станок, в котором установлены детали	Наименование деталей
Токарно-винторезный 1А-62, 161А, ДИП 200 и др. Токарно-револьверный, индекс-25, 11126 1118 Карусельные расточные Координатно-расточной 2Б-440 Фрезерный МАС, ТВМ 610, 615, ТГ-2, 6П80Г, 6Н811 Шлицефрезный типа "RIVA" Продольно-строгальный	<ul style="list-style-type: none"> • Втулки перемещения суппорта • Зубчатые колеса распределителя • Венцы червячных редукторов РЧ-32, РЧ-37 • Маточные гайки поперечных суппортов • Подвижные направляющие • Шестерни коробки скоростей • Червячные колеса редуктора привода • Втулки, вкладки в узлах трения (салазки, бабки, ползуны и т. п.) • Вкладыши шпинделя
Зуборезные	<ul style="list-style-type: none"> • Наделки направляющих клиньев • Салазки • Втулки • Шестерни
Автоматы для мойки бутылок, разлива и укупорки жидкостей, нанесение этикеток	<ul style="list-style-type: none"> • Подшипники скольжения • Звездочки 7-ми, 12-ти, 14-ти лучевые • Шестерня 12-ти лучевая • Плита отбойная • Ребра • Ролики • Пробки упорные • Шнек • Колокольчики • Роликовая опора штока
Станки глубокого сверления и расточки КЖ-2216, КЖ-1940	<ul style="list-style-type: none"> • Направляющие сверильных и расточных головок • Вкладыши в стемлевые люнеты • Кондукторные втулки в маслоприемники • Начинка в стемлевые люнеты качения
Оборудование для РТИ: - протекторный агрегат - скребковый конвейер ИВК-45, СПД-2, СПД-3 - вулканизатор-55 - стыковочный станок - горизонтально-резательная машина - гранулятор	<ul style="list-style-type: none"> • Втулки узлов трения диаметром от 50 мм до 500 мм • Верхний и нижний вкладыши • Планки • Шестерни • Детали уплотнения • Ползуны
Ткацкие станки, в т. ч. оплеточные и прядильно-ниточные машины типа ЛАТ-50	<ul style="list-style-type: none"> • Направляющие ролики челнока • Челноки • Шестерни

Капролон в пищевой промышленности

Станок, в котором установлены детали	Наименование деталей
1. Разливочно-укупорочный аппарат	<ul style="list-style-type: none"> • Роликовая опора штока • Шнек • Звездочки 7-ми, 12-ти, 14-ти лучевые

	<ul style="list-style-type: none"> • Шестерни 12-ти лучевые • Колокольчики • Подшипники скольжения • Втулки
2. Этикетировочная машина	<ul style="list-style-type: none"> • Шестерни • Звездочки • Плита отбойная • Ребра • Пробка (направление) • Пробка (шнек)
3. Транспортёры, рольганги	<ul style="list-style-type: none"> • Ролики • Подшипники скольжения
4. Автоматы для производства: <ul style="list-style-type: none"> - макарон - мороженого - мясного фарша - кондитерских изделий -пельменей 	<ul style="list-style-type: none"> • Фильтры • Шнеки • Выталкивающий барабан • Штампы • Зубчатые и червячные колеса • Втулки
5. Оборудование для переработки мяса	<ul style="list-style-type: none"> • Разделочные (обвалочные) доски • Ролики • Подшипники • Пакет куттерных ножей
6. Закаточные машины	<ul style="list-style-type: none"> • Валики
7. Сепараторы, насосы	<ul style="list-style-type: none"> • Уплотнительные кольца • Манжетодержатели • Подшипники скольжения
8. Тележки, вагонетки, делители, гидравлические тележки	<ul style="list-style-type: none"> • Вкладыши упорных и направляющих колес • Колеса и ступицы колес • Ролик
9. Кран-балки, краны	<ul style="list-style-type: none"> • Колеса кран-балок • Вкладыши упорных и направляющих колес тяговых тросов • Ролики • Колеса с шарикоподшипниками, обоймы

Физико-механические характеристики капролона

Наименование показателя	Значение показателя
Внешний вид	Блок от белого до кремового цвета без сколов и раковин Число пор размером не более 1,5 мм на 1000 мм ² площади поверхности блока не более 15 шт.
1. Плотность, г/см ³	1,15 - 1,16
2. Температура плавления, °С	215 - 235
3. Рабочая температура, °С	от -50 до + 120, кратковрем. до +180
4. Теплостойкость по Мартенсу, °С	75 - 76
5. Водопоглощение за 24 часа, %	0,9 - 1,2
6. Твердость по Бринелю (по ГОСТ 4670), МПа	160 - 190
7. Модуль упругости при растяжении, МПа	2300
8. Разрушающее напряжение при растяжении (по ГОСТ 11262), МПа	65 - 90
9. Относительное удлинение при разрыве (по ГОСТ 11262), %	14
10. Изгибающее напряжение при величине прогиба равной 1,5 толщины образца (по ГОСТ 4648), МПа	80
11. Ударная вязкость по Шарпи на образцах с острым надрезом (по ГОСТ 4647), кДж/м ²	10
12. Напряжение при сжатии при установленной (6%) относительной деформации (по ГОСТ 4651), МПа	90 - 100
13. Температура размягчения при изгибе при напряжении 1,8 МПа, °С	70 - 110
14. Средний коэффициент линейного теплового расширения на 1°С в интервале от 0°С до 50°С от -50°С до 0°С	6,6 - 9,8·10 ⁻⁵ 6,6 - 9,8·10 ⁻⁵
15. Коэффициент теплопроводности, ккал/м·час	0,23 - 0,29
16. Абразивный износ (по ГОСТ 11012), г	0,055
17. Коэффициент трения по стали (по ГОСТ 11629) по стали со смазкой литол-24	0,15 - 0,3 0,06
18. Интенсивность изнашивания (по ГОСТ 11629) I _m 10 ⁻⁶ г/м Капролон Б Капролон Г	1-1,9 0,4
19. Диэлектрическая проницаемость при частоте 10 МГц	3,0 - 3,3
20. Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 10 МГц	0,015 - 0,025
21. Удельное поверхностное электросопротивление, Ом	1·10 ¹⁰ - 3,5·10 ¹⁵
22. Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом·м	2·10 ¹⁴ - 2·10 ¹⁷
23. Электрическая прочность, кВ/мм	20 - 35
24. Содержание экстрагируемых веществ, %	2 - 4
25. Кислородный индекс, %	24 - 25

При длительном хранении полиамид-6 блочный может окисляться кислородом воздуха с образованием в макромолекулах перекисных групп. Ионизирующее облучение вызывает сшивание молекул полиамида-6, уменьшая его кристалличность.

При длительном воздействии влажного воздуха либо воды капролон может поглощать до 1-4 % влаги. При этом ударная вязкость увеличивается в несколько раз и уменьшается на несколько процентов твердость поверхности.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Капролон без проблем обрабатываются на обычных металлообрабатывающих станках, но имеется несколько особенностей, которые необходимо учитывать.

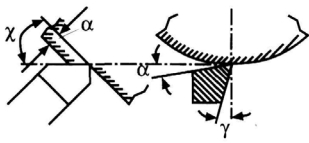

Из-за плохой теплопроводности и относительно низкой температуры плавления капролона, необходимо максимально осуществлять теплоотвод при механической обработке, чтобы избежать поднятия температуры в изготавливаемой детали. Это позволит избежать тепловой перегрузки пластмассы (изменение цвета и даже подплавление поверхности). Для этого необходимо соблюдать следующие рекомендации:

- кромки режущего инструмента должны всегда быть в безукоризненном состоянии и хорошо заточенными.
- режущий инструмент должен быть установлен так, чтобы режущая кромка только касалась пластмассы.
- следует позаботиться о хорошем удалении стружки с режущего инструмента.
- в случае большого тепловыделения должно быть обеспечено охлаждение (например, при сверлении).
- для снятия внутренних напряжений и во избежание растрескивания крупных изделий рекомендуется сложную обработку разделять на простые операции, в промежутках между которыми материал укладывать на 48 часов в воду.
- блоки капролона в холодное время года допускаются к обработке только после 5 дней выдержки в теплом помещении.

Токарная и фрезерная обработка

При обработке капролона обычно применяются инструменты из углеродистой или быстрорежущей стали или твёрдых сплавов. Допуска при обработке капролона значительно больше, чем допуска при обработке металлических деталей. Причинами этого являются: значительно более высокий коэффициент теплового расширения (в 5 раз больше чем у бронзы), объёмное расширение в силу влагопоглощения и возможность деформации из-за возникновения остаточных внутренних напряжений во время и после обработки. Последнее явление в основном проявляется для деталей, где обработка происходит асимметрично и/или в случае больших изменений поперечного сечения обрабатываемой детали. В таких случаях термообработка является необходимой (для снижения остаточных напряжений) после предварительной обработки и перед конечной стадией изготовления детали.

Основное правило, которое действует для деталей подвергаемых токарной или фрезерной обработке, это соблюдение допуска 0,1 - 0,2 % от номинального размера (минимальный допуск для малых размеров составляет 0,05 мм).

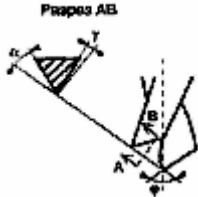
<p>Токарная обработка</p> 	<p>α - задний угол (5-15°) γ - передний угол (0-10°) η - главный угол (0-45°)</p> <p>Скорость резания (200-500 м/мин) Подача (0,05-0,5 мм/оборот)</p>
<p>Фрезерование</p> 	<p>α - задний угол (5-15°) γ - передний угол (0-15°)</p> <p>Скорость резания (200-500 м/мин) Подача (до 0,05 мм/зуб)</p>

Сверление

Для сверления заготовок капролона хорошо подходят спиральные сверла из быстрорежущей стали, но из-за большого тепловыделения необходимо применять воду или сжатый воздух. Для лучшего теплоотвода и отвода стружки, сверло необходимо регулярно вынимать из места сверления, особенно в случае глубоких отверстий. Для отверстий больших диаметров следует, прежде всего, уменьшить обычную толщину перемычки сверла для уменьшения теплоты трения. Также для отверстий большого диаметра рекомендовано работать последовательно, например, для сверления 50 мм: следует сверлить по очереди 12 и 25мм. После этого диаметр необходимо увеличивать сверлами больших диаметров или с помощью плоского токарного резца.

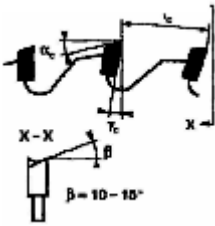
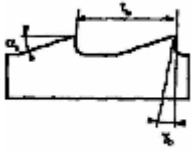
Для избежания трещин, для круглых заготовок диаметром более 100 мм при сверлении отверстий, не следует применять спиральные сверла из быстрорежущей стали. Вместо этого отверстия должны растачиваться с помощью плоского токарного резца, режущая кромка которого устанавливается точно в центр.

При сверлении сквозных отверстий в конце процесса обработки подача должна быть уменьшена, чтобы предотвратить биение начальной стороны сверлом или плоским резцом, что могло бы вызвать кромочное выламывание. По возможности следует всегда применять механические подачи, чтобы избежать прихватывание и разрушение пластмасс при неравномерной ручной подачи.

<p>Разрез АБ</p> 	<p>α - задний угол (10-15°) γ - передний угол (3-5°) η - главный угол (90-120°)</p> <p>Скорость резания (50-100 м/мин) Подача (0,1-0,3 мм/оборот)</p>
--	--

Резание

Для разрезания заготовок из капрлона могут применяться ленточные, циркулярные пилы или ножовочные пилы с относительно большим шагом зубьев, чтобы получить хорошее резание, а не зажимание пильного полотна. Чтобы минимизировать трение между пилой и рабочей поверхностью и избежать зажима или даже излома полотна пилы, детали, обрабатываемые резкой, следует фиксировать на столе.

Циркулярная пила	
	<p>α - задний угол (10-15°) γ - передний угол (0-15°) t - шаг зубьев (8-45 мм)</p> <p>Скорость резания (1000-3000 м/мин)</p>
Ленточная пила	
	<p>α - задний угол (25-40°) γ - передний угол (0-8°) t - шаг зубьев (4-10 мм)</p> <p>Скорость резания (50-500 м/мин)</p>