

# Конъюнктура мирового рынка углеродных волокон



**Дефицит углеродных волокон из-за стабильно высокого потребления к 2008 году составит 4–5 тыс. тонн**

Ольга Ашпина, к. х. н.

Углеродные волокна известны своей прочностью и жесткостью. Они используются, прежде всего, для армирования композиционных материалов с матрицей из синтетических смол, таких как эпоксидные, полиамидные, виниловые эфиры, фенолы и некоторые термопласты. Небольшие объемы углеродного волокна идут на армирование композиционных материалов с углеродной матрицей. Кроме того, ведутся исследования по применению этих волокон с металлическими, керамическими и стеклянными матрицами.

Углеродное волокно придает композитам дополнительную прочность и жесткость за счет того, что матричный материал обеспечивает постоянную ориентацию этих волокон и распределяет среди них структурные нагрузки. По сравнению с обычными конструкционными материалами, например, алюминием или сталью, композиты с углеродными волокнами отличаются некоторыми весьма полезными свойствами. Структурные элементы, изготовленные из этих композитов, обладают прочностью и сопротивлением усталости, ко-

торые более чем в два раза превышают аналогичные показатели для стали, кроме того, будучи вдвое легче алюминия, они в два раза превосходят его по жесткости.

Широкое распространение УВ получили с конца 60-х годов прошлого столетия, когда авиакосмической промышленности потребовались новые виды не только прочных, но и легких материалов. Сегодня технология получения данного вида волокон значительно усовершенствована, что привело к снижению цены и росту объемов потребления в индустрии, а также в производстве изделий для спорта и отдыха.

Углеродные волокна — это органи-

ческие материалы, подвергшиеся термическому воздействию при температурах 1 000–3 000 °С и содержащие 92–99,99 % углерода. Графитированными волокнами называют углеродные волокна, которые были подвергнуты термической обработке при температурах свыше 2 500 °С в течение длительного периода времени. В 2002 году размер мирового рынка углеродных волокон превышал 1 млрд долларов. При этом на долю США и Японии приходилось 78 % мирового производства этого продукта. Япония, чьи мощности по производству углеродного волокна превышают американские, потребляет примерно одну треть произведенного ею продукта, экспортируя ▶

## Технические характеристики УВ

Углеродные волокна (УВ) состоят главным образом из углерода.

Получают карбонизацией при температуре 400–3 000 °С химических волокон.

Обладают высокой жаростойкостью: в бескислородных условиях до 2 000 °С, в кислородсодержащих средах до 350–400 °С.

Характеризуются высокой механической прочностью и модулем упругости, устойчивы к действию химических реагентов и ультрафиолетового излучения.

Применяются УВ как наполнитель углеродопластов, в производстве фильтровальных материалов, электронагревательных элементов, защитной одежды и др.

Диаграмма 1. Структура потребления углеродного волокна в 2003 г.

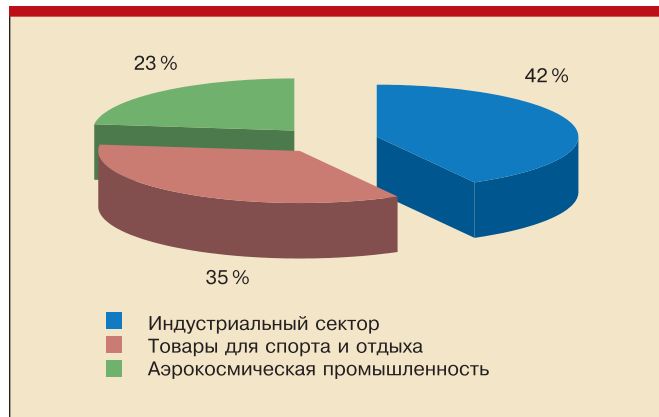
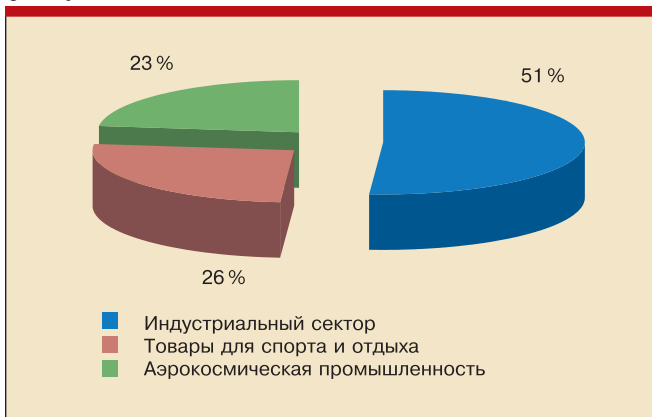


Диаграмма 2. Структура потребления углеродного волокна в 2008 г.



◀ остальные 67 %.

В 2002 году Япония произвела 47 % мирового объема углеродных волокон, а США — 31 %. Остальные объемы были произведены в Западной Европе, на Тайване и в Южной Корее. Небольшое количество этого продукта было выпущено в Венгрии.

Мировое потребление углеродных волокон последние 23 года росло примерно на 10 % ежегодно, а в период с 1997 по 2002 годы — в среднем на 5,8 % в год. Лидирующим рынком углеродных волокон в мире являются США, за ними следует Западная Европа. В 2002 году США использовали 30 % мирового объема углеродных волокон. Япония, Тайвань, Южная Корея и Китай, вместе взятые, потребили около 29 %, а Западная Европа — 27 % продукта. Остальная его часть была использована различными конечными потребителями в основном из других стран Азии.

Спрос на углеродное волокно, по прогнозам аналитиков, должен расти до 2007 года в среднем на 8 % в год, при этом опережающие темпы роста ожидаются в Западной Европе и ряде азиатских стран, особенно в Китае.

### Сферы применения

Области, в которых применяются углеродные волокна, постоянно расширяются и насчитывают уже несколько тысяч. Однако все производства и продукцию, где используются углеродные волокна, можно объединить в три основные группы:

- индустриальный сектор (промышленное и гражданское строительство, производство энерговырабатываю-

щих установок, судостроение, автомобилестроение и др.),

- авиакосмическая промышленность;
- изделия для спорта и отдыха.

В 2003 году углеродные волокна были наиболее востребованы в индустриальном секторе (42%), см. диаграмму 1.

В 2008 году структура потребления углеродных волокон несколько изменится (диаграмма 2), но наибольший спрос на данную продукцию, до 51 % от

общего объема, по мнению аналитиков, также будет отмечен со стороны индустриального сектора. Причем для данного сектора будет характерен максимальный темп прироста — 13,5 % (см. рис.1)

По мнению аналитиков, в развитии спроса на углеродные волокна можно выделить три периода (рис.2).

1971 по 1983 годы — это начальный период, когда производство углеродных волокон только зарождалось, стоимость материала была достаточно высокой и

**В период с 1975 по 2005 год цена на стандартные углеродные волокна снизилась с 200–220 до 20–22 тыс. долларов за тонну.**

применение ограничивалось в основном аэрокосмической отраслью. Для второго периода (1984–1993 годы) характерно равномерное увеличение спроса на УВ со стороны производства товаров для спорта и отдыха, а также, вследствие снижения цены материала, в индустриальной отрасли. С 1985 года наблюдается интенсивный рост спроса на углеродные волокна все в том же индустриальном секторе.

Диаграмма 3. Потребность в углеродном волокне в Европе в 2003 г., по сферам применения

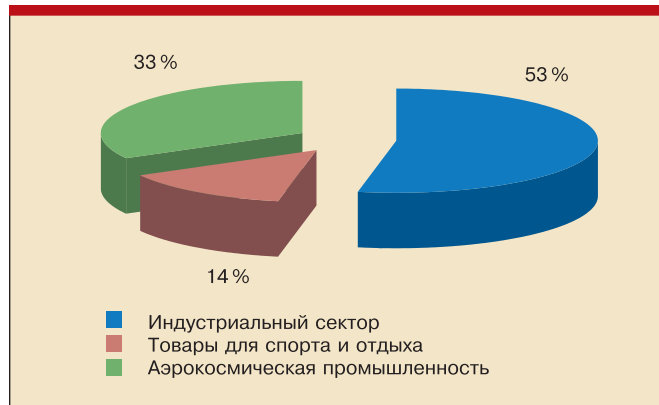
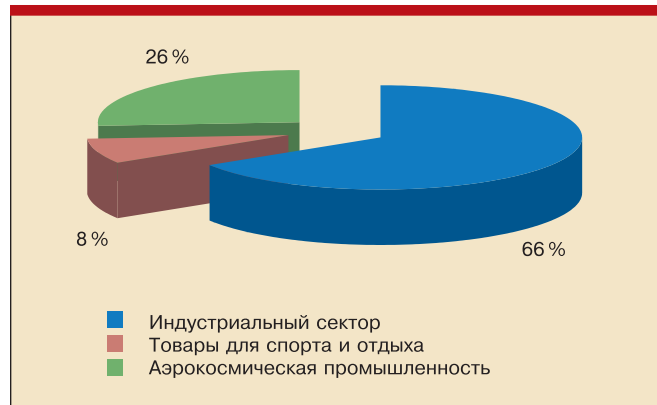


Диаграмма 4. Потребность в углеродном волокне в Европе в 2008 г., по сферам применения



## Дефицит

Мировое производство углеродных волокон в 2003 году составило 19,9 тыс. тонн, к 2008 году мощности должны вырасти до 26,1 тыс. тонн (ежегодный темп прироста за этот период составит 5,6 %).

Средний уровень мирового спроса на углеродные волокна в 2003 году составил около 20 тыс. тонн. Хотя объем потребления различными источниками оценивается по-разному, например 2003 год:

- консалтинговая компания SRI Cons. — 19,9 тыс. тонн/год;
- производитель — компания Тоюо (Япония) — 15-15,5 тыс. тонн/год;
- производитель — компания Тогау (Япония) — 20-21 тыс. тонн/год.

Что касается прогнозов, то к концу 2005 года спрос может вырасти до 25–26 тыс. тонн/год (по данным Тогау), а к концу 2008 года — до 30,9 тыс. тонн. (по данным SRC). Темп прироста в 2003–2008 гг. составит 9,2 % в год.

Таким образом, исходя из прогнозов, к 2008 году дефицит может составить около 4–5 тыс. тонн углеродного волокна в год. Смогут ли производители удовлетворить такие потребности?

## Динамика спроса и предложения в регионах

К 2008 году наибольший рост спроса на углеродные волокна ожидается в Европе — 14,4 %. Потребности стран ЕС и США в данном виде волокон превысят потребности других регионов.

### Европа

Ситуация со спросом и предложением на углеродные волокна в Европе в 2003–2008 годах будет выглядеть следующим образом: производственные мощности увеличатся с 3,1 до 7,2 тыс. тонн, ежегодный темп прироста составит 18,4%, а потребление в различных сферах возрастет с 5,1 до 10 тыс. тонн.

Уже сегодня Европа ежегодно закупает около 4–5 тыс. тонн углеродного волокна для удовлетворения растущих потребностей, и эта цифра сохранится до 2008 года.

Самые высокие темпы роста потребления УВ в 2008 году будут отмечены со стороны индустриального сектора — 19,6 % в год. На его долю к 2008 году будет приходиться 66 % от общего объема потребления.

### Япония

К 2008 году Япония останется одной из ведущих стран-производителей углеродных волокон в мире. Объем производства составит 9,3 тыс. тонн в год. Потребление же не превысит 3,4 тыс. тонн/год. Таким образом, Япония сохранит статус одного из основных экспортеров воло-

Рис. 1. Динамика роста спроса на углеродные волокна

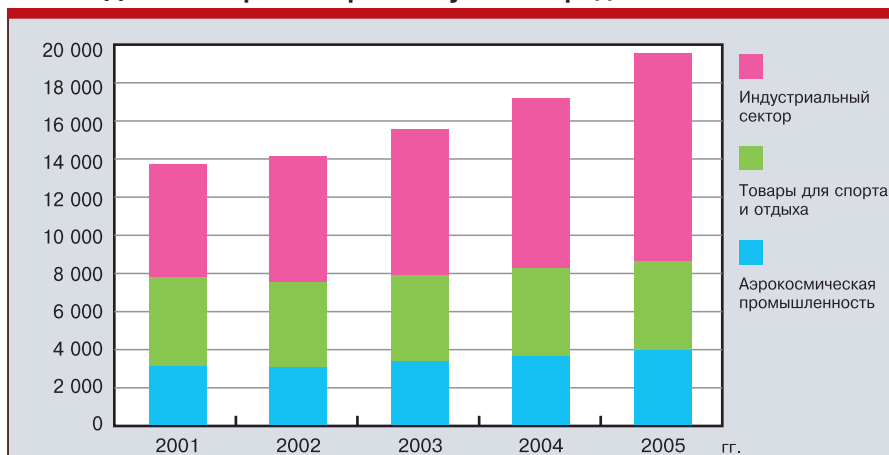


Рис. 2. Периоды изменения спроса на углеродные волокна по областям применения

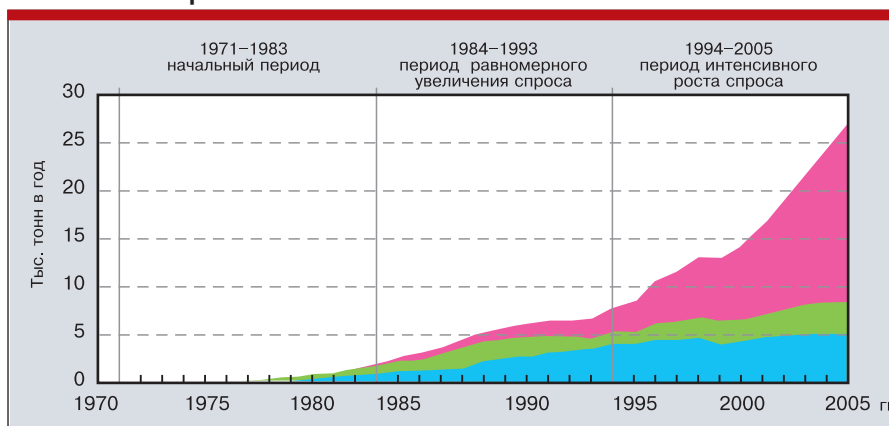


Таблица 1. Спрос-предложение углеродного волокна в Европе

	2003 г., тыс. т	2008 г., тыс. т	Темп прироста 2003–2008 гг., %
Производство	3,1	7,2	18,4
Потребление	5,1	10,0	14,4

Таблица 2. Спрос-предложение углеродного волокна в Японии

	2003 г., тыс. т	2008 г., тыс. т	Темп прироста 2003–2008 гг., %
Производство	9,0	9,3	0,7
Потребление	2,8	3,4	4,0

Таблица 3. Сфера применения углеродного волокна в Японии

Сфера применения	2003 г., тыс. т	2008 г., тыс. т	Темп прироста 2003–2008 гг., %
Индустриальная	78	82	4,9
Аэрокосмическая промышленность	4	6	10,3
Спорт/сфера отдыха	18	12	-2,6

кон данного вида.

Что касается сфер применения, то в Японии основными потребителями УВ станут предприятия аэрокосмической промышленности (темпы прироста наи-

больший — 10,3 %). На 2,6 % снизятся потребности в волокне для спорта и отдыха (см. табл. 3).

Несмотря на то, что рост потребности в углеродном волокне для индустри-

**Таблица 4. Спрос-предложение углеродного волокна в Азии**

	2003 г., тыс. т	2008 г., тыс. т	Темп прироста 2003–2008 гг., %
Производство	1,0	1,2	4,1
Потребление	5,4	8,0	8,2

**Таблица 5. Сфера применения углеродного волокна в Азии**

Сфера применения	2003 г., тыс. т	2008 г., тыс. т	Темп прироста 2003–2008 гг., %
Индустриальная	20	29	15,1
Аэрокосмическая промышленность	4	12	38,0
Спорт/сфера отдыха	76	59	3,0

**Таблица 6. Спрос-предложение углеродного волокна в США**

	2003 г., тыс. т	2008 г., тыс. т	Темп прироста 2003–2008 гг., %
Производство	5,8	8,3	4,2
Потребление	6,6	9,5	7,6

**Таблица 7. Сфера применения углеродного волокна в США**

Сфера применения	2003 г., тыс. т	2008 г., тыс. т	Темп прироста 2003–2008 гг., %
Индустриальная	35	43	12,3
Аэрокосмическая промышленность	38	35	5,7
Спорт/сфера отдыха	27	22	3,4

◀ ального сектора незначительный, около 5 %, данный сектор останется лидером по использованию УВ, на его долю придется 82 % общего объема потребления.

**Остальные страны Азии**

Среди других стран азиатского региона выделяется только Тайвань. К 2008 году

объем производства углеродных волокон там составит около 1,2 тыс. тонн, в то время как потребление вырастет до 8 тыс. тонн в год.

Ситуация со спросом-предложением в остальных азиатских странах в 2003–2008 гг. и распределением УВ по сферам применения отражена в табл. 4 и 5.

**Таблица 8. Мощности производителей углеродных волокон на начало 2004 года**

Регион	Компания	Мощность, тонн/год
<b>ЕВРОПА</b>		
Франция	Soficar	850
Германия	Tenax Fibers	1 810
Венгрия	Zoltek	1 000
Великобритания	SGL Technic	1 600
<i>Итого по Европе</i>		<b>5 260</b>
<b>ЯПОНИЯ</b>		
	Mitsubishi Chemical	500
	Mitsubishi Rayon	3 200
	Nippon Graphite	120
	Toho Tenax	3 700
	Toray Industries	4 700
<i>Итого по Японии</i>		<b>12 220</b>
<b>ТАЙВАНЬ</b>		
	Formosa Plastics	1 750
<i>Итого по Тайваню</i>		<b>1 750</b>
<b>США</b>		
	Ballard Material Products	91
	Carbon Fiber Technology	998
	Cytec	2 359
	Fortafil Fibers	3 493
	Grafil	1 497
	Hexcel	2 313
	Toray Carbon Fibers	1 814
<i>Итого по США</i>		<b>12 565</b>
<b>ИТОГО</b>		<b>31 795</b>

**США**

В США к концу рассматриваемого периода также будет отмечен заметный рост как объемов производства УВ (+4,2 %, 8,3 тыс. тонн/год), так и потребления (7,6 %, 9,5 тыс. тонн/год).

Ситуация со спросом-предложением в 2003–2008 гг. и распределением УВ по сферам применения отражена в табл. 6 и 7.

**Откуда дует ветер**

В целом приведенные выше данные свидетельствуют о возрастающем мировом спросе на углеродные волокна. Чем это вызвано? По мнению большинства аналитиков, одна из основных причин — необходимость использования альтернативных источников энергии, в том числе и энергии ветра, т. е. строительство ветряных турбин.

За последние 5 лет глобальные мощности ветряных турбин увеличивались

**Таблица 9. Мощности производителей углеродных волокон к концу 2004 года**

Производитель	Мощность, тонн/год
Toray Group	9 100
Toho Rayon	5 600
Mitsubishi Rayon Group	4 700
Hexcel	2 000
Cytec	1 900
Taiwan Plastics	2 000
Fortafil	3 500
Zoltek	2 500
SGL-Aldila	2 500
Bcero	33 800

SRI Consulting (США)

Toray Group (Япония)

на 26 % ежегодно и к началу 2004 года достигли уровня 40,3 тыс. МВт. Только в 2003 году дополнительно было введено свыше 8,3 тыс. МВт мощностей, 73 % которых приходится на Европу.

Около 66 % вновь введенных в 2005 году мощностей также пришлось на этот регион. Все больше стран рассматривают использование ветра в качестве источника энергии как перспективное направление.

Согласно прогнозам, к 2020 году 12 % всей электроэнергии будет получено благодаря энергии ветра, а мощности, использующие данный вид энергии, составят около 1,2 тыс. ГВт.

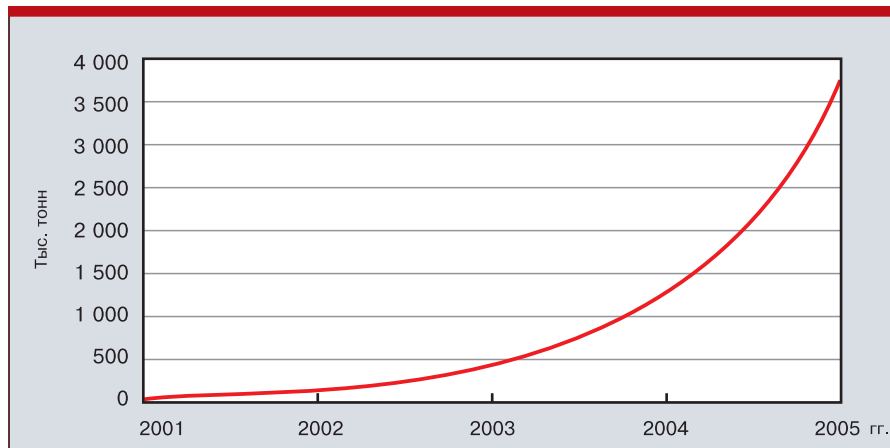
Углеродное волокно широко используется в конструкции лопастей ветряных турбин. Причем объемы УВ для данных целей постоянно растут (см. рис. 3). К концу 2005 года эта цифра может достичь 3,7 тыс. тонн/год, а к 2010 году составит 5–7 тыс. тонн/год. (Подробнее о технологиях производства ветроэнергетического оборудования читайте на стр. 38–40)

Вторая не менее важная составляющая роста мирового потребления УВ — развитие авиастроения, как гражданского, так и военного. Так, в 2004 году только компания Boeing построила 285 авиалайнеров, в 2005 году эта цифра может составить 315 самолетов. Airbus в 2005 году намерен увеличить выпуск авиалайнеров на 10 %, до 305.

В авиастроении углеродное волокно используется в качестве одной из составляющих композиционных материалов для изготовления обшивки и конструкций самолетов. Крупнейшие производители Toray, KoHo и др. еще в 2004 году подписали крупные соглашения с авиастроительными компаниями.

Другой немаловажный факт, который стимулирует рост объемов потребления углеродных волокон — снижение цены на данный вид продукции. Согласно данным компании Toray, цена на стандартное волокно (не для аэрокосмической промышленности) 24K к началу

Рис. 3. Потребление углеродного волокна в производстве турбинных лопастей



2005 года снизилась до 20–22 тыс. долларов за тонну. Для сравнения: в 1975 году цена УВ составляла около 200–220 тыс. долларов за тонну.

### Мощности и производители

Основные производственные мощности по выпуску углеродных волокон сосредоточены в США (39 %) и Японии (38 %). Около 14 % мощностей находится в Европе. Рост объемов потребления данных волокон приводит к естественному росту мощностей. Если на начало 2004 года в мире их насчитывалось около 32 тыс. тонн/год, то уже к концу года эта цифра приблизилась к 34 тыс. тонн/год.

#### Toray

К концу прошедшего года один из крупнейших производителей продукции в данном секторе — международная корпорация Toray (штаб-квартира в Японии) увеличила свои мощности на 1,8 тыс. тонн, расширив имеющееся производство во Франции (Soficar). Таким образом, суммарные мощности компании к концу 2004 года составили 9,1 тыс. тонн/год.

Компания не намерена останавливаться на достигнутом, и к началу 2006 года в два раза (до 3600 тонн/год) увеличит мощности на заводе CFA в США. Общая мощность производств компании вырастет до 10,9 тыс. тонн/год, а доля на рынке — до 35–40 %.

#### Mitsubishi

Другой японский производитель — компания Mitsubishi Rayon Group намерена увеличить мощности по выпуску УВ на заводе в США к 2006 году на 500 тонн/год, общая мощность составит 2000 тонн/год. Кроме того, компания намерена заключить альянс с европейским производителем SGL Carbon AG, чтобы нарастить к 2006 году мощности УВ на предприятии компании SGL в Шотландии, с 500 до 750 тонн/год. При благоприятной ситуации на рынке, компания не исключает возможности увеличения своих мощностей в Японии на 2000 тонн/год в ближайшие несколько лет.

#### Zoltek

Не отстают от японских производителей и европейские. Так, Zoltek намерен возобновить работу завода в Abilene (Техас), увеличить мощности на заводе в Венгрии и к 2006 году удвоить производство (до 2000 тонн/год).

Таким образом, к 2006 году мировые мощности по выпуску углеродных волокон будут насчитывать около 35–36 тыс. тонн/год.

В России действуют несколько производств углеродных волокон малой мощности и представлены практически все сферы применения УВ, в которых наблюдается рост потребления. В связи с благоприятной мировой и внутренней конъюнктурой увеличение отечественного производства углеродных волокон представляется экономически необходимым и оправданным. ■

### Пластиковый «Боинг»

В 2007–2008 годах может начаться промышленное производство самолетов нового типа. Разрабатываемый сейчас самолет Sonic Cruiser будет сделан по большей части из усиленного углеродными волокнами пластика. Этот материал более легкий, чем алюминий, но имеет такую же прочность, что позволяет сформировать из него около 60 % структуры летательного аппарата, включая крылья.

Пластик широко применяется в авиационной промышленности с начала 1970-х годов. Но даже в самом современном Боинге-777 его доля использования не превышает 10 %. Новый самолет этой компании должен значительно изменить ситуацию. По предварительным расчетам, Sonic Cruiser будет на 15–20 % быстрее любых других существующих сейчас аэробусов. Его оптимальная скорость составит 95–98 % скорости звука. При этом самолет одновременно сможет перевозить 200–250 пассажиров на расстояние в 12 000–16 700 км. Предполагается, что в ближайшее десятилетие пластиковые «Боинги» вытеснят на рынке самолеты старого типа.