

Уменьшение толщины прогрессивной линзы с помощью призмы

Д.Мейстер, специалист Carl Zeiss Vision

Мы продолжаем публикацию статей Д.Мейстера, посвященных современным очковым линзам. Статьи будут печататься в течение 2013 г. в рамках рубрики «Академия Carl Zeiss Vision». Материалы предоставлены компанией ООО «Оптик Диас».

Введение

В данной статье излагаются основные принципы уменьшения толщины прогрессивной линзы с помощью вертикальной призмы (такую призму называют утончающей). Материал предназначен для специалистов по подбору и продажам прогрессивных линз, а также техническим специалистам, работающим в салонах оптики и лабораториях.

Оптическая призма

Призма – это просто кусок оптически прозрачного материала в форме клина (рис.1). Как у любого треугольника, самая толстая часть призмы называется основанием, а самая тонкая – вершиной. При прохождении световых лучей через призму они, преломляясь, меняют свое направление, но не изменяют сходимость (фокусировку). В очковых линзах призма появляется, когда передняя поверхность линзы не остается параллельной задней поверхности (т.е. одна поверхность наклонена по отношению к другой). Круглая заготовка очковой линзы с призмой будет толще по тому краю, где расположено основание призмы, и тоньше там, где ее вершина. Оптическая сила призмы измеряется в призматических диоптриях (обозначается Δ).



Рис.1. Преломление световых лучей призмой

Геометрия прогрессивной поверхности

Оптическая сила прогрессивных линз постепенно увеличивается от зоны зрения вдаль (в верхней части линзы) до зоны зрения вблизи (внизу линзы) без каких-либо видимых разделяющих оптические зоны линзы линий (рис.2). Для получения этого плавного увеличения оптической силы кривизна выпуклой поверхности прогрессивной линзы постепенно увеличивается сверху вниз, и в зоне зрения вблизи она больше, чем в зоне зрения вдаль. За счет этого увеличения кривизны поверхности обеспечивается дополнительная оптическая сила прогрессивной линзы в зоне зрения вблизи, т.е. ее аддидация.

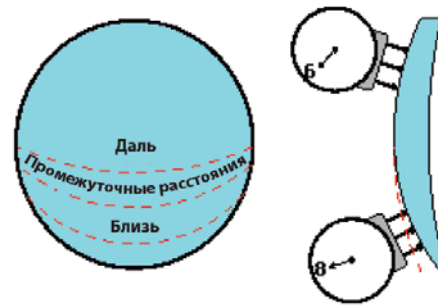


Рис.2. Увеличение кривизны поверхности прогрессивной линзы

Например, если у прогрессивной линзы оптическая сила в зоне зрения вдаль равна +6,00 D, а в зоне зрения вблизи +8,00 D, то аддидация такой линзы равна $+8,00 - (+6,00) = +2,00$ D. Еще раз подчеркнем, что аддидация для зоны зрения вблизи обеспечивается более высокой кривизной поверхности линзы в этой зоне.

Такая геометрия поверхности прогрессивной линзы приводит к нескольким важным следствиям:

- Верхний край линзы толще нижнего края

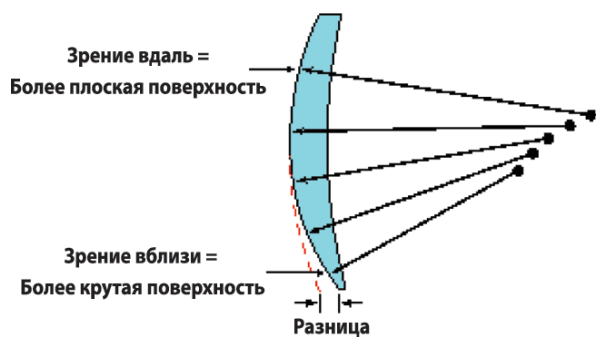


Рис.3. Разница в толщине линзы из-за увеличения ее оптической силы

- Толщина всей заготовки увеличивается
- Вес линзы также увеличивается из-за увеличения ее толщины

Если посмотреть на поперечное сечение типичной необработанной по краю прогрессивной линзы (круглой заготовки), то видно, что большая кривизна зоны зрения вблизи приводит к увеличению толщины верхнего края линзы и уменьшению толщины нижнего края, создавая разницу в толщине верхнего и нижнего краев линзы (рис.3).

Эта увеличенная толщина отрицательно сказывается на косметическом виде линзы. Многим специалистам знакомы эти проблемы по работе с бифокальными линзами Executive. Более крутой сегмент линз Executive также приводит к разнице в толщине верхнего и нижнего краев этой бифокальной линзы.

Точка с наименьшей толщиной или **минимальная толщина** по периметру заготовки прогрессивной линзы с зоной зрения вдаль без диоптрий (*plano*) и вершина призмы расположена у нижнего края заготовки ниже зоны зрения вблизи. Минимальная толщина ограничивает общую толщину заготовки. Если минимальная толщина готовой прогрессивной линзы остается у края заготовки, что обычно бывает в случаях гиперметропической рефракции для зрения вдаль или для высоких значений аддидации, то вся заготовка линзы будет толще, чем сопоставимая однофокальная линза или бифокальная с сегментом с плоским верхом

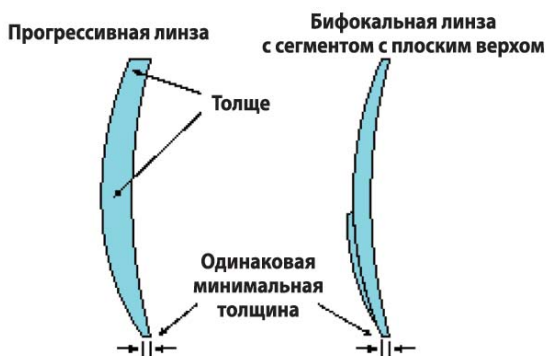


Рис. 4. Сравнение дизайнов прогрессивной и бифокальной линз. Обе: +2,00 D Rx, +3,00 Add

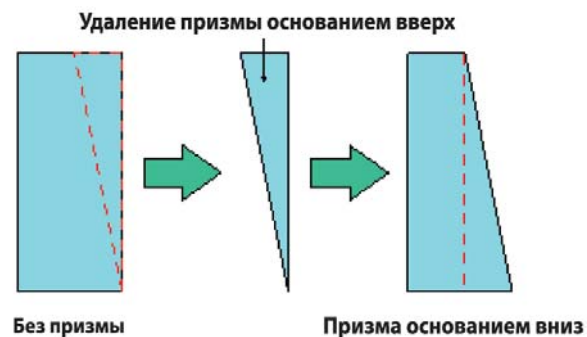


Рис.5. Удаление призмы основанием вверх путем вытачивания в заготовке призмы основанием вниз

той же силы (рис.4). Прогрессивные линзы с большой миопической рефракцией для дали и небольшой аддидацией, наоборот, имеют минимальную толщину около центра заготовки, как и однофокальные минусовые линзы.

Утончающая призма

К счастью, мы можем предоставить пользователю прогрессивными линзами наилучший косметический эффект, который он ожидает получить. Минимизировать излишнюю толщину и вес прогрессивной линзы и улучшить ее косметический вид можно с помощью технологии обработки поверхности, известной как утончающая призма. Эта технология состоит в вытачивании в заготовке прогрессивной линзы вертикальной призмы, что позволяет свести к минимуму разницу в толщине между верхним и нижним краем линзы, а также уменьшить вес линзы в целом.

Чаще всего в прогрессивной линзе вытачивают призму основанием вниз. Однако в некоторых случаях может применяться вытачивание призмы основанием вверх (см. обсуждение ниже). Отметим, что когда мы говорим, что в линзе 'вытачивается' (*добавляется*) призма основанием вниз, то в действительности из линзы *удаляется призма основанием вверх*, чтобы убрать излишнюю толщину в верхнем крае линзы.

Представим себе заготовку из стекла с параллельными сторонами (т.е. без призмы). Если из нее удалить клин с основанием вверх, нижний край заготовки останется таким же толстым, как и был (рис.5). Следовательно, заготовка приобретет призму основанием вниз. Более того, после удаления призмы из заготовки, уменьшается ее толщина по всей высоте.

Теперь рассмотрим реальную заготовку необработанной по краю прогрессивной линзы. Если из нее удалить призму основанием вверх, то толщина верхнего края заготовки уменьшится (рис.6). При этом готовая линза останется с призмой основанием вниз, поскольку в начале у заготовки не было призмы.

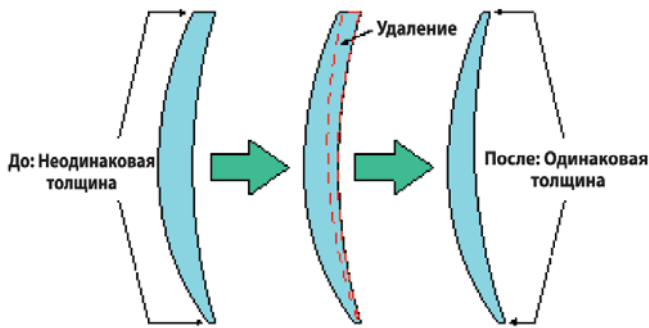


Рис.6. Устранение разницы в толщине линз с помощью призмы

Утончающая призма кроме выравнивания толщины верхнего и нижнего края заготовки прогрессивной линзы уменьшает толщину прогрессивной линзы в центре для высоких гиперметропических рефракций для зрения вдаль или больших значений аддидации. Это общее уменьшение толщины линзы делает ее легче.

Таким образом, применение утончающей призмы предоставляет пользователям следующие преимущества:

- Более тонкие линзы с более равномерным профилем края имеют более привлекательный косметический вид
- Более легкие линзы более комфортны для ношения.

Для того, чтобы избежать дисбаланса вертикальной призмы в очках, одинаковая вертикальная призма вытачивается на обеих линзах (равной величины и направленности). Такую призму часто называют *спаренной* призмой (*yoked prism*), поскольку она не создает никакого призматического эффекта между глазами, так как обе вертикальные утончающие призма одинаковы. Пользователь будет испытывать версионные, а не вергентные движения глаз без какого-либо влияния на фузионные резервы.

Расчет утончающей призмы

Величина утончающая призма зависит от ряда факторов. Некоторые производители для минимизации разницы в толщине нижнего и верхнего края необработанной по краю прогрессивной линзы применяют следующее правило:

$$\text{Prism} = 0,6 \times \text{Add}.$$

Согласно этому правилу, чтобы сделать нижний край тоньше, величина призмы с основанием вниз должна быть равна 60% от величины аддидации. Другие производители рекомендуют использовать 2/3 от величины аддидации (около 67%). Для современных прогрессивных линз, используемых в оправках малых размеров, часто применяют утончающую призму величиной 50% от аддидации.

Например, для прогрессивной линзы с аддидацией +3,00 D может потребоваться призма силой примерно $2/3 \times 3,00 = 2,0 \Delta$ основанием вниз.

Заметим, что эти формулы не учитывают такие факторы, как установочная высота и оптическая сила зоны зрения вдаль, но во многих случаях они дают удовлетворительные результаты. В идеале, величина утончающей призмы должна рассчитываться с учетом:

- величины аддидации
- рефракции для дали
- установочной высоты
- децентрации установочного креста
- формы оправы.

Например, для линзы с большими рефракциями для дали могут потребоваться более высокие значения утончающей призмы. Это относится и к линзам с большой аддидацией (в том числе и линзам с небольшой миопической рефракцией для зрения вдаль). Установочная высота – это еще один важный фактор, который следует учитывать, чтобы принять во внимание разницу в толщине, производимую вертикальным децентрированием. Плюсовые линзы с малым значением установочной высоты, например, обычно требуют утончающую призму меньшей величины.

Вместо применения простых формул многие лаборатории используют сложные компьютерные программы для точного определения величины утончающей призмы, позволяющей уменьшить толщину линзы в целом. При расчете утончающей призмы по таким программам учитываются все указанные выше факторы, включая рефракцию, форму оправы и информацию о положении линз относительно глаз пользователя. Таким способом можно получить самую тонкую и легкую линзу для заданного набора параметров. Такие расчеты могут проводиться для любых прогрессивных линз, а не только с определенной положительной оптической силой.

Величина аддидации – это главный фактор в определении требуемой величины утончающей призмы. Чем больше аддидация, тем большая величина утончающей призмы требуется для выравнивания толщины краев линзы и уменьшения ее толщины в целом. Поскольку с увеличением аддидации зона зрения вблизи становится заметно круче, то существенно возрастает разница в толщине краев линзы, ее общая толщина и вес (рис.7).

(Окончание статьи в следующем номере)

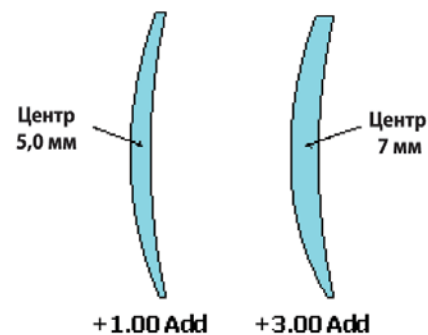


Рис.7. Сравнение толщин двух линз +2,00 D Rx с разной величиной аддидации