

Оптический отдѣлъ Обуховскаго сталелитейнаго завода Морского Министерства.

Производство оптическихъ издѣлій.

Матеріаломъ для оптическихъ издѣлій служитъ главнымъ образомъ оптическое стекло. Такое стекло изготавливается для всего міра тремя специальными заводами—заводомъ Парра-Мантуа въ Парижѣ, заводомъ Шотта въ Іенѣ и заводомъ бр. Чансъ въ Бирмингамѣ. Въ настоящее время имѣется около 200 типовъ оптическаго стекла, отличающихся своимъ показателемъ преломленія и своимъ свѣторазсѣяніемъ. Эти типы имѣютъ показатели преломленія для желтой натровой линіи отъ 1,493 до 1,787. Свѣторазсѣяніе стеколъ опредѣляется дробью:

$$V = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C},$$

гдѣ n_D , n_F , n_C суть показатели преломленія для линій D, F и C солнечнаго спектра; чѣмъ меньше V, тѣмъ больше свѣторазсѣяніе стекла. Между существующими типами имѣются стекла съ V отъ 69,9 до 25,3, причемъ нѣкоторыя стекла при большомъ показателѣ преломленія имѣютъ сравнительно малое свѣторазсѣяніе и наоборотъ.

Оптическія данныя этихъ типовъ стеколъ служатъ основаніемъ для расчета оптическихъ системъ. Общій ходъ расчета слѣдующій: составивъ планъ построенія оптической системы, рассчитываютъ при помощи алгебраическихъ формулъ положенія, фокусныя разстоянія и размѣры отдѣльныхъ частей системы. Затѣмъ, выбравъ соотвѣтственные типы стеколъ, при помощи алгебраическихъ

же формуль опредѣляютъ приближенно радіусы кривизны отдѣльныхъ поверхностей чечевиць, предполагая пока эти чечевицы бесконечно тонкими. Затѣмъ чечевицамъ приписываютъ нѣкоторыя опредѣленные толщины и приступаютъ къ наиболее сложной части работы—къ тригонометрическому расчету. При помощи этого расчета прослѣживаютъ ходъ нѣсколькихъ разно направленныхъ лучей разной длины волны черезъ всю систему отъ одной преломляющей поверхности до другой и по полученному расположенію выходящихъ изъ системы лучей судятъ о степени исправленія оптическихъ ошибокъ (аберацій) въ системѣ. Этотъ результатъ стараются исправить, мѣняя радіусы кривизны поверхностей, толщины чечевиць, типы стеколъ и производя каждый разъ новый тригонометрической расчетъ, и повторяя это до тѣхъ поръ, пока не получится результатъ, совмѣстимый съ назначеніемъ системы. Такой расчетъ, производимый логарифмически (5, 6, 7 знаковъ) можетъ продолжаться недѣлями и даже мѣсяцами.

Когда всѣ данныя системы (типы стеколъ, радіусы кривизны чечевиць, толщины ихъ и ихъ точное взаимное расположение) выяснилось, приступаютъ къ выполненію системы. Раньше всего изготовляютъ всѣ необходимые для этой работы орудія и калибры. Для каждой поверхности необходимы орудія и калибры двухъ родовъ: 1) металлическія части, состоящія изъ бронзовыхъ или чугуновыхъ выпуклыхъ и вогнутыхъ чашекъ, имѣющихъ тотъ радіусъ кривизны, какимъ должна обладать поверхность. Эти чашки служатъ для шлифовки въ нихъ стекла съ цѣлью придать ему желаемый радіусъ кривизны; 2) стеклянные калибры—пробныя стекла,—представляющія съ величайшей тщательностью изготовленныя вогнутыя и выпуклыя совершеннѣйшимъ образомъ полированныя стеклянныя поверхности точно того радіуса кривизны, какимъ должна обладать изготовляемая поверхность. Эти пробныя стекла служатъ для повѣрки точности радіуса кривизны и правильности поверхности готовой полированной чечевицы.

Стекло доставляется съ заводовъ въ видѣ плитокъ (кирпичиковъ) различныхъ размѣровъ, отполированныхъ по двумъ узкимъ краямъ для того, чтобы можно было судить о степени чистоты и однородности матеріала. Стекло должно быть по возможности свободно отъ воздушныхъ пузырьковъ, отъ полосъ (потoki другого показателя преломленія), отъ всякихъ включеній, и не долженъ обнаруживать замѣтнаго двупреломленія отъ натяженій, вызванныхъ неравномѣрнымъ охлажденіемъ стекла (двупреломленіе изслѣдуется въ поляризованномъ свѣтѣ). Годныя плитки распиливаются на части соотвѣтственныхъ размѣровъ при помощи быстро вращающихся въ керосинѣ тонкихъ стальныхъ дисковъ, окружность которыхъ покрыта вколоченными въ сталь мельчайшими алмазными осколками. Стекло, нарѣзанное квадратными пластинками по размѣрамъ будущихъ чечевиць, обламывается щипцами до приблизительно круглой формы. Цѣлая стопка такихъ неправильныхъ кружковъ склеивается вмѣстѣ въ столбикъ, который шлифуется своей неправильной цилиндрической поверхностью на вращающемся чугунномъ кругѣ при помощи песка или крупнаго наждака, пока онъ не приметъ правильной цилиндрической формы желаемого діаметра. Цилиндръ расклеивается и даетъ цѣлый рядъ плоскихъ кружковъ діаметра будущей чечевицы. Каждый изъ кружковъ наклеивается на отдѣльную деревянную ручку и шлифуется при помощи крупнаго наждака съ водой въ чашкѣ соотвѣтственной кривизны, быстро вращающейся вокругъ вертикальной оси; при этомъ рабочій, нажимая на ручку, производитъ ею качательныя движенія вдоль діаметра чашки, такъ чтобы каждая точка поверхности чечевицы послѣдовательно пришла въ соприкосновеніе съ каждой точкой чашки. При шлифовкѣ форма и радіусъ кривизны чашки и чечевицы непрерывно повѣряются при помощи особыхъ металлическихъ шаблоновъ. Когда поверхность пріобрѣла приближенно желаемый радіусъ кривизны ее шлифуютъ дальше все болѣе и болѣе мелкими номерами наждака, съ все большей и большей тщательностью, пока она не сдѣлается

полупрозрачной и не приобрететъ точно желаемого радиуса. Тогда чечевицу отклеиваютъ и начинаютъ шлифовать тѣмъ-же порядкомъ вторую поверхность ея. Когда чечевица отшлифована съ двухъ сторонъ, приступаютъ къ полировкѣ ея. Съ внѣшней стороны работа полировки чрезвычайно похожа на шлифовальную работу. Но въ качествѣ полирующей поверхности служитъ не металлъ, а слой черного вара, которому придана шаровая поверхность точно того-же радиуса, какъ и полируемая поверхность стекла, а полирующимъ веществомъ служитъ крокусъ (красная окись желѣза Fe_2O_3) съ водой. Большія чечевицы и чечевицы съ большой кривизной (малымъ радиусомъ кривизны) полируются каждая въ отдѣльности. Для этого онѣ наклеиваются на рукоятки и полировщикъ прижимаетъ ихъ къ чашкѣ, покрытой варомъ и смазанной крокусомъ съ водой, вращающейся вокругъ вертикальной оси, и производитъ качательныя движенія чечевицѣ вдоль по чашкѣ. Это движеніе производится либо отъ руки, либо автоматически самимъ полировальнымъ станкомъ, къ особому рычагу которой прикрѣплена рукоятка съ приклеенной къ ней чечевицей. Если нужно отполировать значительное количество одинаковыхъ поверхностей небольшой кривизны, то чечевицы наклеиваютъ на одну общую чашку (рукоятку) такъ, чтобы всѣ ихъ поверхности расположены были по шаровой поверхности желаемого радиуса и сразу полируютъ всѣ вмѣстѣ на автоматическомъ полировальномъ станкѣ. Мало-по-малу чечевицы дѣлаются прозрачными и чтобы судить о правильности ихъ формы и точномъ достиженіи ими желаемого радиуса кривизны на нихъ подкладываютъ обратное (вогнутое на выпуклую поверхность) пробное стекло и наблюдаютъ интерференціонныя кольца (кольца Ньютона), образующіяся въ тончайшемъ воздушномъ слоѣ между полируемой чечевицей и пробнымъ стекломъ. Если-бы полируемая поверхность была бы точно шаровая того-же радиуса, что и пробное стекло, то центральное черное пятно колецъ (въ отраженномъ свѣтѣ) заняло бы всю чечевицу. Въ дѣйствительности всегда наблю-

дается нѣсколько цвѣтныхъ колець (разстояніе между двумя кольцами соотвѣтствуетъ разности въ толщинѣ воздушнаго слоя, отвѣчающей при нормальномъ паденіи свѣта четверти длины волны даннаго цвѣта, т. е. напр., для желтаго свѣта около $1,5 \cdot 10^{-4}$ мм.) болѣе или менѣе правильной или круговой формы; полировку продолжаютъ до тѣхъ поръ, пока не останется лишь немного очень широкихъ колець правильной круговой формы. Тогда эта поверхность готова и приступаютъ къ полировкѣ другой поверхности.

Призмы шлифуются и полируются въ общихъ чертахъ тѣми же приемами. Обыкновенно при полировкѣ значительное (до 50 и больше) призмъ заливаются гипсомъ въ одну общую раму и поверхности ихъ полируются совмѣстно. Въ случаѣ необходимости соблюденія крайней точности въ углахъ призмъ и крайней правильности ихъ плоскостей ихъ подправляютъ еще окончательно отъ руки на небольшихъ ножныхъ полировальныхъ станкахъ. Для испытанія плоскостей ихъ служатъ стеклянныя пробныя плоскости, изготовленныя съ величайшей тщательностью.

Полированные чечевицы затѣмъ центрируются на особыхъ центровальныхъ станкахъ. При центрированіи края чечевицы обшлифовываются такъ, чтобы оптическая ось ея проходила черезъ геометрической центръ чечевицы. Для этого чечевица наклеивается медленно застывающимъ клеемъ къ вращающейся горизонтальной оси и центрировщикъ наблюдаетъ отраженіе въ поверхностяхъ чечевицы, какъ въ зеркалѣ, какого-либо свѣтлаго предмета (лампы). Чечевицу перемѣщаютъ до тѣхъ поръ, пока при вращеніи оси отраженіе предметовъ не покажется совершенно неподвижнымъ; тогда ось вращенія совпадаетъ съ оптической осью чечевицы. Давъ клею застыть обшлифовываютъ края чечевицы—наша чечевица тогда отцентрована.

Отцентрованные чечевицы поступаютъ затѣмъ въ контроль, гдѣ чечевицу внимательно изслѣдуютъ по пробнымъ стекламъ и осматриваютъ въ лупу, чтобы убѣдиться,

что полировка ея не имѣетъ царапинъ, и масса стекла не содержитъ недостатковъ.

Небольшія чечевицы сложныхъ системъ часто затѣмъ склеиваются. Для склеиванія служитъ густой канадскій бальзамъ, ничтожную каплю котораго раздавливаютъ между нагрѣтыми чечевицами.

Оправы чечевицъ и всѣ механическія части оптическихъ инструментовъ изготовляются въ механическомъ отдѣлѣ оптическаго завода. Механическія мастерскія при оптическихъ заводахъ чаще всего по числу людей, станковъ и занимаемому помѣщенію значительно больше чисто оптическихъ мастерскихъ. Отъ обыкновенныхъ механическихъ мастерскихъ онѣ отличаются лишь тѣмъ, что какъ рабочіе, такъ и станки, машины и способы производства должны соответствовать той исключительной точности, которая требуется отъ готовыхъ оптическихъ инструментовъ.

Готовыя механическія и оптическія части поступаютъ въ сборочный отдѣлъ завода, гдѣ вновь повѣряются и собираются въ готовые оптическіе инструменты. Для точной установки частей инструмента и для повѣрки его придумываются и конструируются спеціальныя приборы, которыми непрерывно пользуются сборщики. Почти для каждаго новаго типа инструментовъ долженъ быть придуманъ и построенъ спеціальныи наборъ такихъ приборовъ, стоимость которыхъ часто довольно значительна, и которые одинаково необходимы, строится ли 10 или 1000 такихъ инструментовъ. Это отчасти объясняетъ высокую стоимость новыхъ типовъ приборовъ, строимыхъ въ незначительныхъ количествахъ.

Собранный готовый приборъ подвергается строгому контролю его оптическихъ и механическихъ качествъ. Многіе типы приборовъ (бинокли, прицѣлы, различные другіе оптическіе приборы для военныхъ и морскихъ надобностей) подвергаются кромѣ того еще строгимъ испытаніямъ на выносливость — на удары, тряску, герметичность относительно проникновенія воды и пыли и неизмѣняемость при сильныхъ колебаніяхъ температуры.

Оптический отдѣлъ Обуховскаго Сталелитейнаго завода Морского Министерства въ настоящее время имѣетъ свыше 200 рабочихъ и изготовляетъ годично издѣлій на сумму околу полу-милліона рублей. Оптический отдѣлъ занятъ почти исключительно казенными заказами Военнаго и Морского Вѣдомствъ. Составъ рабочихъ почти исключительно русскій; число иностранныхъ рабочихъ не превышаетъ 7—8% и уменьшается съ года на годъ. Средній мѣсячный заработокъ рабочаго около 90 р. въ мѣсяць, заработокъ отдѣльныхъ рабочихъ достигаетъ 150 р. и больше. На заводѣ принятъ 9-часовой рабочей день, что даетъ отъ 200 до 215 рабочихъ часовъ въ мѣсяць. Отдѣлъ приноситъ довольно крупный чистый доходъ и успешно конкурируетъ съ иностранными заводами и ихъ отдѣленіями въ Россіи.

А. Гершунъ.