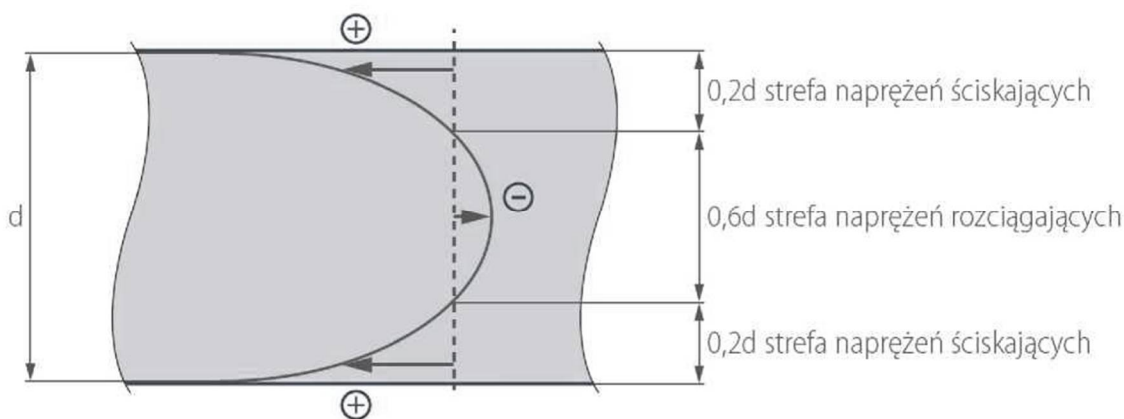


#### 4.OBRÓBKA TERMICZNA - ANEKS DO NORMY ZAKŁADOWE FIRMY VITROSZLIF Sp.zoo.

##### A. Właściwości szkła hartowanego

Szkło hartowane charakteryzuje się podwyższoną wytrzymałością mechaniczną i termiczną oraz szczególnym sposobem pęknięcia przy rozbiciu na drobne nie kaleczące odłamki, przez co uważane jest za bezpieczne. Zwiększoną wytrzymałość mechaniczną i termiczną szkła hartowanego tłumaczy się jako wynik określonego rozkładu naprężeń termicznych w płycie szklanej, w której przy symetrycznym, jednorodnym ochładzaniu uzyskuje się taki układ naprężeń, gdzie warstwy zewnętrzne stanowią strefę naprężeń ściskających, a warstwy wewnętrzne strefę naprężeń rozciągających. Naprężenia ściskające w powierzchniowych warstwach szkła umożliwiają przyłożenie obciążenia zginającego znacznie większego niż w przypadku szkła normalnie odprężonego poprzez skompensowanie naprężeń rozciągających i zmniejszenie w ten sposób wypadkowego naprężenia lokalnego. Średnie naprężenie niszczące dla szkła hartowanego przewyższa sześć/siedmio krotnie wytrzymałość zwykłego szkła. Zmniejszone zostaje również zjawisko statycznego zmęczenia szkła. Przez superpozycję naprężeń osiąga się zmniejszenie niebezpiecznego największego naprężenia rozrywającego, limitującego wytrzymałość szkła. W stanie zahartowania defekty powierzchniowe nie mogą się rozprzestrzeniać poprzez zewnętrzną strefę, znajdującą się pod naprężeniem ściskającym. Po przekroczeniu wytrzymałości mechanicznej, szkło hartowane pęka na drobne i zwykle tępe odłamki, tworząc odpowiednią siatkę spękań. Szkło hartowane termicznie ma szerokie zastosowanie w budownictwie, meblach, sprzęcie AGD (zastosowane w kuchenkach dzięki wysokiej odporności termicznej), przemyśle motoryzacyjnym, komunikacji kolejowej, lotniczej, okrętowej, przemyśle transportowym i wielu innych gałęziach gospodarki. Hartowaniu termicznemu można poddawać szkło float bezbarwne, barwione w masie, szkło z powłokami „twardymi” i niektóre rodzaje szkła z powłokami „miękkimi” (taką możliwość zawsze ustala producent szkła), szkło płaskie ciągnięte oraz szkło walcowane. Należy pamiętać, że w szkłe hartowanym mogą występować dodatkowe zjawiska wynikające z obróbki termicznej. Zjawiska te nie oznaczają, iż hartowane szkło jest wadliwe i nie podlegają one gwarancji. Zaliczamy do nich:

- A) Zjawisko powstawania tęczy - spowodowane anizotropią wytrzymałości i powstawaniem specyficznego pola naprężeń powstałego podczas hartowania. Wywołuje ono w szkłe podwójne załamanie światła, które staje się widoczne w świetle spolaryzowanym – pola naprężeń widoczne, są w postaci barwnych obszarów zwanych „polami polaryzującymi” lub „plamkami lamparta”. „Pola polaryzujące” są widoczne na szybie obserwowanej pod niewielkim kątem również w świetle dziennym (dobrze widać to zjawisko na hartowanych szybach samochodowych).
- B) b) „Faliście od wałków” („RolerWaves”) - powstają podczas hartowania szkła w piecach poziomych - są to zniekształcenia powierzchni na skutek zetknięcia się gorącej szyby (temperatura bliska punktowi mięknięcia) z rolkami pieca. Powstają wtedy odchylenia prostoliniowości szkła. Zniekształcenia te są zwykle widoczne w świetle odbitym. Przy składaniu zamówień na szyby do szklenia fasad budynków zaleca się, aby odbiorca uwzględnił zjawisko „RolerWaves” i określił kierunek nakładania szyb do pieca hartowniczego (hartowanie kierunkowe).
- C) c) „Odbicie wałków” - przy szkłe, którego grubość przekracza 8 mm oraz przy szklach cieńszych ale o większych gabarytach, mogą uwydatnić się znaki małych odcisków („odbicie wałków”).



Rys. Rozkład naprężeń w szkłe poddanemu procesowi hartowania (d - nominalna grubość szkła)

Aby szkło mogło zostać poddane hartowaniu, konieczna jest minimalna obróbka krawędzi:

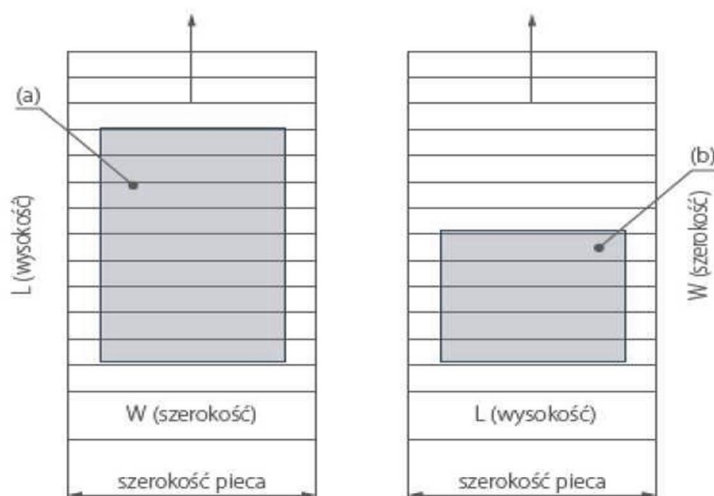
1. zatępienie krawędzi dla szkła o grubości do 8 mm włącznie,
2. szlifowanie krawędzi dla szkła o grubości > 10 mm.

Te wymagania są uzasadnione, ponieważ podczas procesu hartowania w szkłe występują znaczne naprężenia, które koncentrują się na krawędziach szkła. Nieodpowiednio przygotowana krawędź może spowodować pęknięcie tafli.

Analogicznie do wszystkich procesów obróbki krawędzi, wykonanie wierceń otworów, wycięć oraz frezowanie musi odbyć się przed hartowaniem. Należy również pamiętać, że obecność otworów i wycięć zwiększa ryzyko pęknięcia szkła podczas procesu hartowania. Wymagania jakie stawiane są przed szkłem, które ma zostać zahartowane, dotyczące rozmiarów otworów i ich rozmieszczenia, podane są w części II Normy. Minimalny promień w wycięciu musi być większy lub równy grubości szkła, ale nie mniejszy niż 6 mm.

## B. Hartowanie

Proces tradycyjnego hartowania ESG wg EN12150, odbywa się w poziomych piecach oscylacyjnych. Szkło podgrzewane jest blisko temperatury mięknienia do osiągnięcia odpowiedniej temperatury i lepkości. Po nagraniu, na szkło kierowany jest strumień powietrza, który ma na celu szybkie schłodzenie szkła. Powoduje to powstawanie naprężeń zaprezentowanych na rysunku. Wybierając ten typ obróbki termicznej trzeba mieć na uwadze, iż możliwe jest powstawanie wad podanych w punkcie A. Dlatego konieczne jest wybranie odpowiedniego kierunku hartowania - równoległe lub prostopadłe długością tafli do wałków w piecu hartowniczym. Na rysunku poniżej przedstawiono ustawienie przykładowej szyby. Nie jest możliwe zahartowanie kierunkowe szyby, której wymiar W lub L ze względu na kierunek przekracza szerokość pieca. Taki przypadek upoważnia do hartowania danej szyby w innym kierunku, niż wszystkie pozostałe w zleceniu bez dodatkowych uzgodnień z odbiorcą. W celu wykonania hartowania kierunkowego, każdorazowo w zamówieniu powinien być określony przez odbiorcę sposób hartowania ze względu na kierunkowość. Brak określenia kierunku, upoważnia do hartowania bez uwzględniania kierunkowości.



Rys. Ułożenie tafli szkła na stole przy piecu hartowniczym

W Tabeli poniżej przedstawiono możliwości produkcyjne linii do hartowania. Możliwe jest hartowanie figur.

Rodzaj szkła(mm)	Grubość(mm)	Max wielkość (W x L)(mm)	Min wielkość (W x L)(mm)	Max ciężar(kg)
FLOAT oraz FLOAT z powłoką	<b>3</b>	1750x2500	180x250	500
	<b>4</b>	1750x2500	180x250	
	<b>5</b>	2000x3000	180x250	
	<b>6-15</b>	2750x5000	180x250	

Wartości wytrzymałości mechanicznej dla szkła wg EN 12150-1; EN 14179-1; EN 1863-1

Rodzaj obróbki termicznej	Wartość wytrzymałości mechanicznej(N/mm <sup>2</sup> )
Rodzaj szkła	Hartowane, wygrzewane termicznie
Monolityczne: bezbarwne, barwne, powlekane	120
Szkło wzorzyste i płaskie ciągnięte	90

### C. Wymagania i badania szkła poddanego obróbce termicznej

Wymiary szyb hartowanych są narzucone przez możliwości technologiczne urządzeń obróbki wstępnej oraz możliwości pieca hartowniczego. Wartości grubości znamionowej szkła oraz tolerancji dla każdej grubości podano zgodnie z normą EN 12150-1 i zebrano w Tabeli poniżej.

Grubości nominalne i tolerancje grubości.

Grubość nominalna d	Tolerancja grubości dla danego typu szkła		
	Szkło float	Wzorzyste	Szyby ze szkła ciągniętego
3	± 0,2	nieprodukowane	nieprodukowane
4	± 0,2	± 0,2	± 0,3
5	± 0,2	± 0,5	nieprodukowane
6	± 0,2	± 0,5	± 0,3
8	± 0,3	± 0,8	nieprodukowane
10	± 0,3	± 1,0	nieprodukowane
12	± 0,3	± 1,0	nieprodukowane
15	± 0,5	± 1,5	nieprodukowane

**UWAGA:** wymiary podane w mm.

Tolerancję wymiarów szkła podano w oparciu o normę EN 12150-1 dla szyb hartowanych płaskich. W przypadku chęci osiągnięcia bardziej restrykcyjnych tolerancji, prosimy o kontakt z Działem Sprzedaży.

Tabela. Tolerancje szerokości, wysokości i przekątnej dla szyb hartowanych płaskich według EN 12150-1

Wymiar nominalny boku, W lub L	Tolerancja	
	Nominalna grubość szkła, $d < 8$	Nominalna grubość szkła, $d > 8$
< 2 000	± 2,0	± 3,0
2 000 < W lub L < 3000	± 3,0	± 4,0
> 3000	± 4,0	± 5,0

**UWAGA:** wymiary podane w mm.

Rozbieżności graniczne dla różnic pomiędzy przekątnymi.

Wymiar nominalny, $W$ lub $L$	Nominalna grubość szkła, $d < 8$	Nominalna grubość szkła, $d > 8$
$< 2\ 000$	$< 4$	$< 6$
$2\ 000 < W$ lub $L < 3\ 000$	$< 6$	$< 8$
$> 3\ 000$	$< 8$	$< 10$

**UWAGA:** wymiary podane w mm.

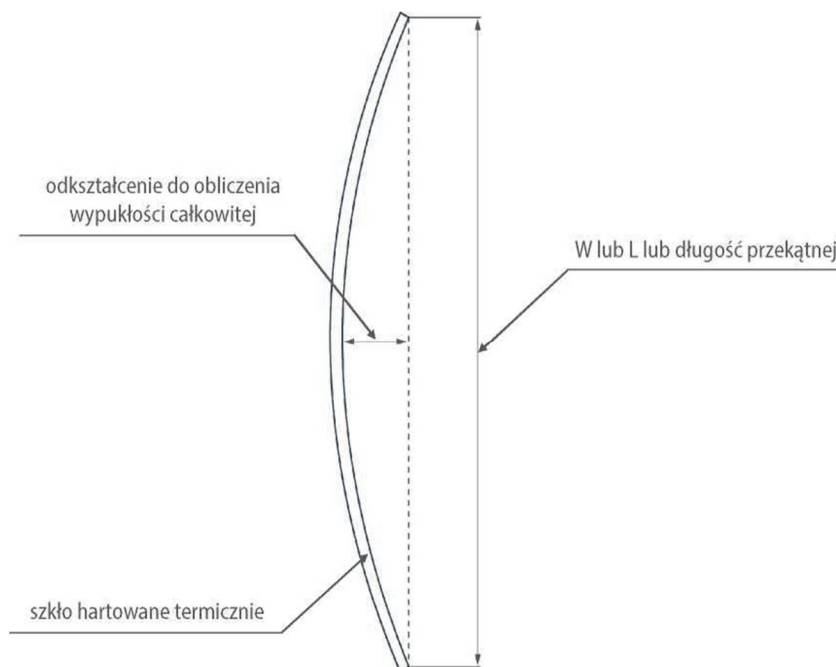
W procesie hartowania nie jest możliwe wytworzenie szyby o prostoliniowości szkła odprężonego (niehartowanego). Odchylenie od prostoliniowości zależy od grubości, rozmiarów, stosunku boków szyby. W pewnych tolerancjach dopuszcza się zniekształcenie powierzchni. W celu zbadania zniekształcenia konieczny jest pomiar, wg EN 12150. Rozróżniamy pięć rodzajów zniekształceń:

- Wypukłości całkowita;
- Pofalowanie od rolek (tylko dla szkła hartowanego poziomo);
- Obrzeże podniesione (tylko dla szkła hartowanego poziomo);
- Pofalowanie (tylko dla szkła hartowanego na poduszce powietrznej);
- Deformacja obrzeża (tylko dla szkła hartowanego na poduszce powietrznej);

W przypadku pofalowania od rolek, obrzeża podniesionego, pofalowania i deformacji obrzeża istnieje możliwość zmiany ich wielkości przez ramy i listwy przyszybowe.

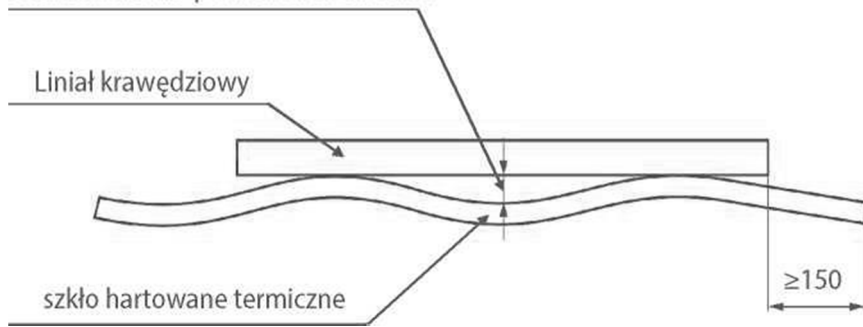
**UWAGA:** Zastosowanie mniejszych tolerancji wymaga dodatkowych konsultacji i uzgodnień z dostawcą

Wypukłość całkowita

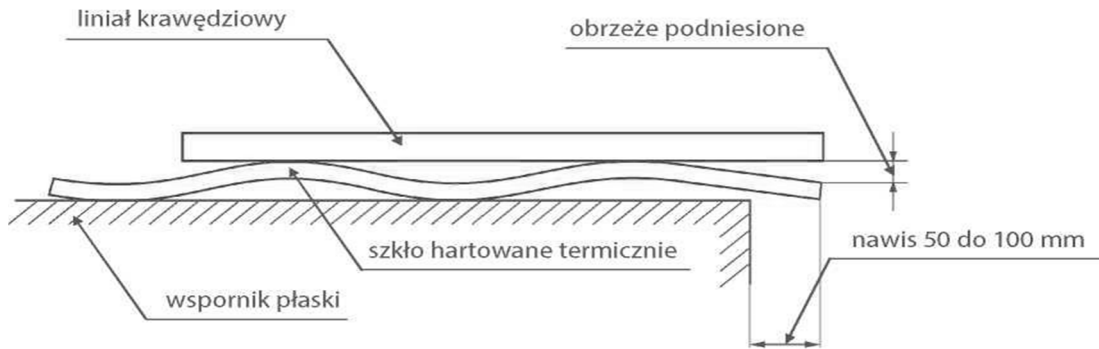


Pomiar pofalowania lub pofalowania od rolek.

Pofalowanie lub pofalowanie od rolek



Pomiar obrzeża pofalowanego.



Pomiar deformacji obrzeża.

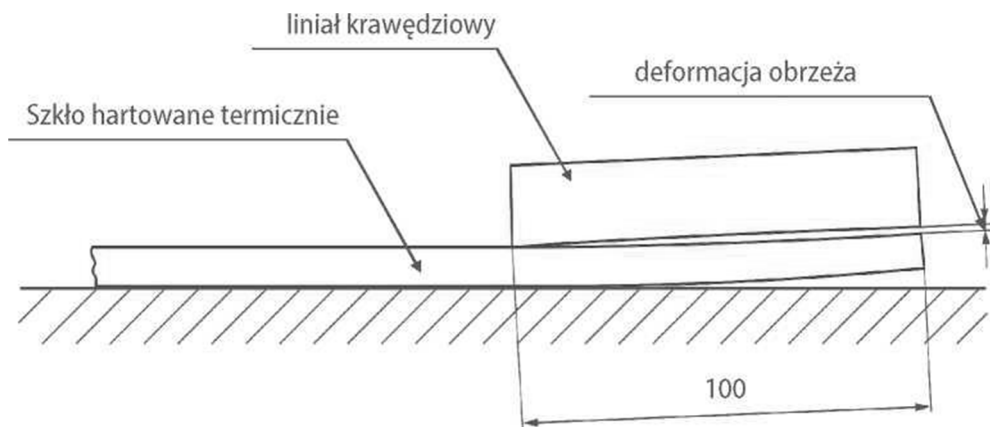


Tabela.

Maksymalne dopuszczalne wartości wypukłości całkowitej i pofalowania od rolek dla szkła hartowanego poziomo.

Typ szkła	Maksymalna dopuszczalna wartość zniekształcenia	
	Wypukłość całkowita [mm / m]	Pofalowanie od rolek [mm]
Niepowlekane szkło float zgodne z normą EN 572-1 i EN 572-2	3,0	0,3

**UWAGA:** W zależności od wielkości pofalowania od rolek należy użyć przyrządu mierniczego o odpowiedniej długości.

Tabela.

Maksymalne dopuszczalne wartości obrzeża podniesionego dla hartowania poziomego.

Typ szkła	Grubość szkła [mm]	Maksymalne dopuszczalne wartości [mm]
Niepowlekane szkło float zgodne z normą EN 572-1 i EN 572-2	3	0,5
	4 do 5	0,4
	6 do 15	0,3

**UWAGA 1:** W zależności od wielkości pofalowania od rolek należy użyć przyrządu mierniczego o odpowiedniej długości.

**UWAGA 2:** Dla szkła niepowlekanego o grubości 2 mm zaleca się kontakt z producentem.

Zgodnie z normami EN 12150-1 szyby hartowane, powinny być oznakowane w sposób czytelny i trwały. Oznakowanie powinno zawierać informacje dotyczące nazwy ze znakiem firmowym producenta oraz numerem normy EN 12150-1.

Wszystkie badania szyb hartowanych prowadzone są zgodnie z normą EN 12150-1 oraz pokrewnymi.

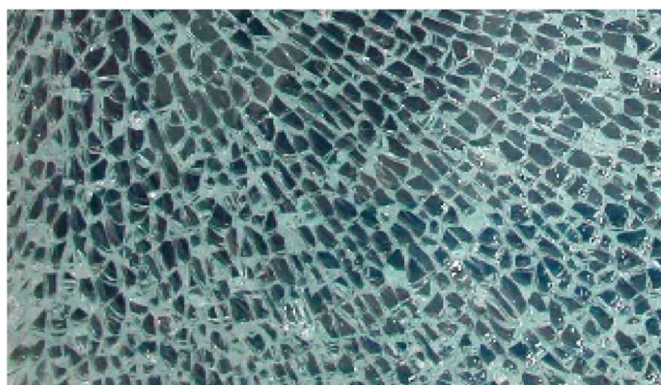
**Siatka spękań.** W rozbitej szybie hartowanej zlicza się największe odłamki w wybranym kwadracie 50 x 50 mm. Żeby uznać wynik badania za pozytywny liczba odłamków w każdej próbce nie może być mniejsza niż podana w tabeli poniżej. Dodatkowym wymaganiem jest, aby długość pojedynczego odłamka w badanej próbce nie przekraczała 100mm. Szybę rozbija się uderzając w punkcie znajdującym się w środku dłuższego boku szyby w odległości 13mm od krawędzi. Na rysunku poniżej przedstawiono poglądowy schemat próbki poddanej badaniu. Zaciemniony obszar jest wyłączony z oceny, a obejmuje on: pas brzeżny o szerokości 25mm oraz w promieniu 100mm od punktu uderzenia.

Zestawienie wymagań siatki spękań w zależności od rodzaju szkła i jego grubości.

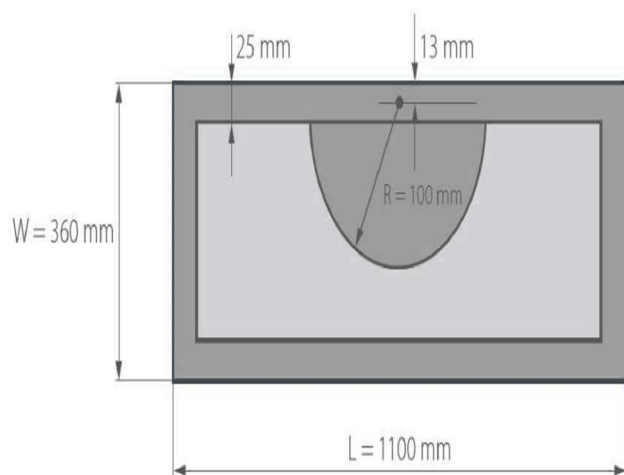
Tabela

Minimalna liczba odłamków.

Typ szkła	Grubość nominalna, $d$ mm	Minimalna liczba odłamków	Kabiny prysznicowe (zob. EN 14428)
Wszystkie typy szkła	2	15	nie dotyczy
Wszystkie typy szkła	3	15	40
Wszystkie typy szkła	4 do 12	40	40
Wszystkie typy szkła	15	30	30



Przykładowy obraz siatki spękań szkła hartowanego o grubości 10mm. Struktura pęknięć odpowiada wymaganiom .



Przykładowa próbka poddana badaniu charakteru siatki spękań. Zaciemniony obszar jest wyłączony z oceny. Wymiary normatywnej próbki powinny wynosić 360 mm x 1100 mm. Ze względu na proces technologiczny dopuszcza się możliwość wykonania badania charakterystyki siatki spękań na próbce o innym wymiarze.

### **Badanie wytrzymałości na uderzenie wahadłem (elementem z oponami).**

Próbie podlegają szyby hartowane. Badanie wahadłem odtwarza sytuację przypadkowego zderzenia człowieka z szybą. Wymaga się, aby szyby uderzane wahadłem z różnych wysokości (zgodnie z EN 12600) wytrzymały uderzenie lub pękły w sposób bezpieczny.

### **Badanie wytrzymałości szyb na zginanie.**

Badanie wykonuje się dla szyb hartowanych. Szyby poddaje się czteropunktowemu zginaniu wg EN 1288-3. Badana szyba powinna wytrzymać obciążenie o wartości podanej w tabeli (wartość wytrzymałości mechanicznej) w zależności od rodzaju szkła.

### **Szkło meblowe**

Szyby hartowane do zastosowań meblowych, są termicznie hartowanymi szybami bezpiecznymi. Charakteryzują się zwiększoną wytrzymałością mechaniczną w porównaniu ze zwykłymi szybami niehartowanymi oraz tym, że pękają na liczne drobne odłamki, których obrzeża są zwykle tępe. Zamówienie na takie szyby powinno posiadać zapis informujący o zastosowaniu ich w meblach. W innym przypadku zamówienie na szyby hartowane będzie traktowane jak zamówienie na szyby do zastosowań budowlanych (m.in. szyby zostaną oznakowane w sposób trwały). Szyby do zastosowań meblowych poddawane są badaniu charakteru siatki spękań oraz badaniu:

- wypukłości całkowitej;
- pofalowania od rolek (tylko dla szkła hartowanego poziomo);
- obrzeża podniesionego (tylko dla szkła hartowanego poziomo);
- pofalowania (tylko dla szkła hartowanego na poduszce powietrznej);
- deformacji obrzeża (tylko dla szkła hartowanego na poduszce powietrznej).

Badanie charakteru siatki spękań i interpretacja wyników opisane są powyżej, części II niniejszej Normy. Żądanie braku trwałego znakowania powinno być każdorazowo zaznaczone w zamówieniu przez zamawiającego. Stosowane jest inne oznakowanie np. z wykorzystaniem etykiet.

Na życzenie Klienta dla konkretnego zlecenia wystawia się Świadectwo Badań, zawierające wyniki badań siatki spękań. Dla jakichkolwiek odstępstw od podanych wyżej założeń prosimy o kontakt z Działem Sprzedaży.

### **Dopuszczalne wady w szybach hartowanych.**

Sprawdzenie jakości szkła i wykonania szyb hartowanych, hartowanych/wygrzewanych i wzmocnionych termicznie polega na oględzinach prowadzonych okiem nieuzbrojonym w warunkach naturalnego oświetlenia na tle matowego czarnego, ekranu lub w świetle przechodzącym i/lub odbitym w zależności od zastosowanego szkła i odpowiadającej mu specyfikacji technicznej/normy (Patrz Bibliografia Normy Zakładowej). Wady niewidoczne z odległości 2m (3m w przypadku szkła powlekanego) nie są kwalifikowane jako wady. Oceny szyb hartowanych, hartowanych/wygrzewanych i wzmocnionych termicznie dokonuje się zgodnie z tabelą powyżej.

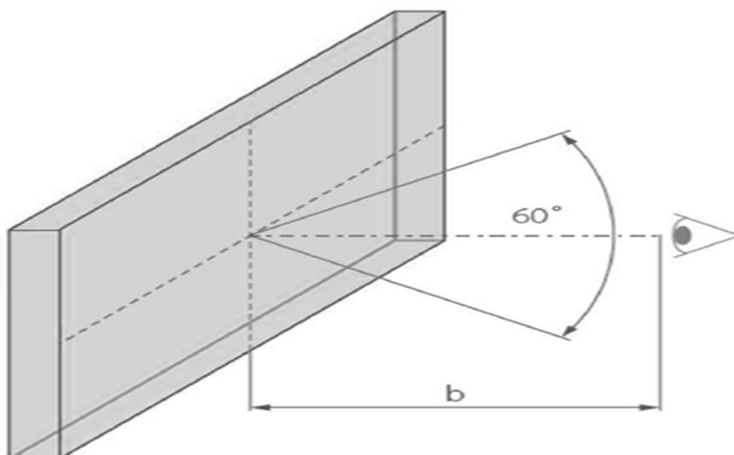




Tabela.

Zestawienie dopuszczalnych wad w szybach hartowanych, hartowanych/ wygrzewanych i wzmocnionych termicznie.

L.p.	Wada	Powierzchnia szyby		
		< 1 m <sup>2</sup>	1 + 2 m <sup>2</sup>	>2 m <sup>2</sup>
1	Punktowa - wtrącenia ciał obcych	niedopuszczalne	niedopuszczalne	niedopuszczalne
2	Pęcherze otwarte (pękające)	niedopuszczalne	niedopuszczalne	niedopuszczalne
3	Pęcherze zamknięte ( w tym wady punktowe do 0,5 mm nie są brane pod uwagę)	dopuszczalne, 2 sztuki o wymiarze max. 2 mm	dopuszczalne, 3 sztuki o wymiarze max. 2 mm	dopuszczalne, 5 sztuk o wymiarze max 2 mm
4	Wady liniowe	Dopuszczalne o łącznej długości do 40 mm oraz maksymalnej długości pojedynczej do 15 mm. W pasie brzeżnym dopuszczalne pojedyncze o długości do 20 mm	Dopuszczalne o łącznej długości do 45 mm oraz maksymalnej długości pojedynczej do 15mm. W pasie brzeżnym dopuszczalne pojedyncze o długości do 20 mm	Dopuszczalne o łącznej długości do 50 mm oraz maksymalnej długości pojedynczej do 15 mm. W pasie brzeżnym dopuszczalne pojedyncze o długości do 20 mm
5	Wady krawędzi	<p>Krawędź zatępiona (zebrane obrzeże) - dopuszcza się niewielkie odpryski na krawędzi pod warunkiem ich zatępienia, błyszczące obszary - dopuszczalne</p> <p>Zeszlifowane obrzeże (z błyszczącymi obszarami) - krawędź zatępiona z wyrównanym czołem lub szlifowana - niedoszlifowana (błyszczące miejsca) - dopuszczalne</p> <p>Wyglądzone zeszlifowane obrzeże (bez błyszczących obszarów) - krawędź szlifowana - odpryski, niedoszlifowania (błyszczące miejsca) - niedopuszczalne</p> <p>Wypolerowane obrzeże - krawędź polerowana - matowe miejsca, odpryski - niedopuszczalne</p>		
6	Plamy, smugi	Dopuszczalne, jeśli nie są widoczne z odległości określonej przez normę właściwą dla danego rodzaju szkła w warunkach oświetlenia dziennego.		