



VITROFORM SP. Z O. O. Z SIEDZIBĄ W MIEJSCOWOŚCI CICHAWA 152, 32-420 GDÓW

NORMA ZAKŁADOWA

Wydanie 3.0

Spis treści

1.	Szkło bazowe.....	3
1.1.	Zakres tolerancji dla grubości tafli	3
1.2.	Ocena wizualna.....	4
1.2.1.	Metoda oceny.....	4
1.2.2.	Kategorie wad szkła Float oraz poziomy akceptacji	4
1.2.3.	Ocena szkła powłokowego.....	4
2.	Obróbka krawędzi	6
2.1.	Rozkrój szkła	6
2.1.1.	Możliwości technologiczne	6
2.1.2.	Tolerancje wymiarowe.....	6
2.2.	Wykończenie krawędzi	7
2.2.1.	Charakterystyka szkła przed wykończeniem krawędzi.....	7
2.2.2.	Zatępianie krawędzi	8
2.2.3.	Szlifowanie krawędzi.....	8
2.2.4.	Wiercenie otworów	9
2.2.5.	Tolerancje związane z procesem wiercenia	10
2.2.6.	Wycięcia na krawędziach i narożach oraz podcięcia.....	12
3.	Emaliowanie szkła.....	12
3.1.	Metoda sitodruku	12
3.2.	Metoda walcowa	13
3.3.	Ocena szkła emaliowanego.....	13
4.	Hartowanie szkła (ESG)	13
4.1.	Płaskość szyb hartowanych oraz możliwe odkształcenia	14
4.2.	Gięte szkło hartowane	16
4.3.	Inne właściwości fizyczne szkła hartowanego.....	16
4.3.1.	Anizotropia	16
4.3.2.	Odporność termiczna szkła hartowanego	16
4.3.3.	Wytrzymałość mechaniczna oraz prowadzone badania.....	16
4.3.4.	Zaprasowania.....	17
4.3.5.	Spontaniczne pękanie szkła hartowanego oraz test HST.....	18

5.	Termiczne wzmacnianie szkła (TVG)	18
6.	Gięcie grawitacyjne	18
7.	Laminowanie szkła.....	19
7.1.	Instrukcja bezpiecznego użytkowania szyb warstwowych.....	19
7.1.1.	Uwagi dotyczące BHP przy składowaniu, montażu i użytkowaniu szyb warstwowych ..	19
7.1.2.	Użytkowanie szyb warstwowych	20
7.1.3.	Magazynowanie szyb warstwowych.....	20
7.1.4.	Montaż szyb warstwowych.....	20
7.1.5.	Czyszczenie szyb warstwowych	21
7.2.	Tolerancje dla szkła warstwowego	21
7.3.	Ocena wizualna szkła warstwowego.....	23
8.	Zespalać szkła.....	24
8.1.	Podstawowa charakterystyka	24
8.2.	Trwałość szyb zespolonych.....	25
8.3.	Tolerancje szyb zespolonych.....	25
8.3.1.	Tolerancje grubości szyb zespolonych wzdłuż obwodu	25
8.3.2.	Tolerancje wymiarów szyb zespolonych	26
8.3.3.	Badania, parametry uszczelnienia szyb zespolonych i zakładowa kontrola produkcji ...	26
8.3.4.	Ocena wizualna szkła	26
8.4.	Instrukcja bezpiecznego użytkowania szyb zespolonych	29
8.4.1.	Pakowanie szyb zespolonych	29
8.4.2.	Uwagi dotyczące BHP przy transporcie i składowaniu	30
8.4.3.	Użytkowanie szyb zespolonych.....	31
8.4.4.	Magazynowanie szyb zespolonych	31
8.4.5.	Montaż szyb zespolonych	31
8.4.6.	Czyszczenie szyb zespolonych.....	32
9.	Podsumowanie	33

1. Szkło bazowe

Za szkło bazowe, stanowiące podstawę produkcji i przetwórstwa szklarskiego dla większości wyrobów jest szkło Float. Firma Vitroform podejmuje się realizacji procesów na podstawie przyjętych, na bieżąco aktualizowanych Norm Europejskich.

Definicje, właściwości szkła, a także wymagania jakościowe względem szkła bazowego określone zostały w poszczególnych częściach normy PN-EN 572:

Norma	Część	Nazwa
PN-EN 572		Podstawowe wyroby ze szkła sodowo-wapniowo-krzemianowego
	1	Definicje oraz ogólne właściwości fizyczne i mechaniczne
	2	Szkło Float
	3	Polerowane szkło zbrojone
	4	Szkło płaskie ciągnięte
	5	Szkło wzorzyste
	6	Wzorzyste szkło zbrojone
	7	Zbrojone i niezbrojone szkło profilowe
	8	Wymiary handlowe i ściste
	9	Ocena zgodności wyrobu z normą

Tab.1. Wykaz zawartości normy PN-EN 572

Ustalone tolerancje oraz ich możliwe odchylenia poparte są głównie dwoma pierwszymi częściami normy, które odpowiadają bezpośrednio specyfice produkcyjnej firmy.

1.1. Zakres tolerancji dla grubości tafli

Nominalna grubość [mm]	Tolerancje [mm]
2	+/- 0,2
3	
4	
5	
6	
8	+/- 0,3
10	
12	
15	+/- 0,5
19	+/- 1,0

Tab.2. Tolerancje grubości nominalnej dla szkła Float zgodnie z normą PN-EN 572-2

1.2. Ocena wizualna

1.2.1. Metoda oceny

Ocenę szkła Float przeprowadza się w warunkach rozproszonego światła dziennego na tle czarnego matowego ekranu. Do prawidłowej weryfikacji konieczne jest jego pionowe ustawienie, a także odpowiednie usytuowanie obserwatora w odległości 2 metrów od badanej tafli, bądź formatki.
Wady niewidoczne w określonych warunkach uznawane są za dopuszczalne.

1.2.2. Kategorie wad szkła Float oraz poziomy akceptacji

Na podstawie sprecyzowanych kategorii dla wymiarów wad punktowych ustalone są dopuszczalne poziomy akceptacji. Dane zawarte zostały w poniższych tabelach.

Kategoria	Wymiary wad punktowych [mm]
A	$> 0,6 \text{ i } < 1,5$
B	$> 1,5 \text{ i } < 3,0$
C	$> 3,0 \text{ i } < 9,0$
D	$> 9,0$

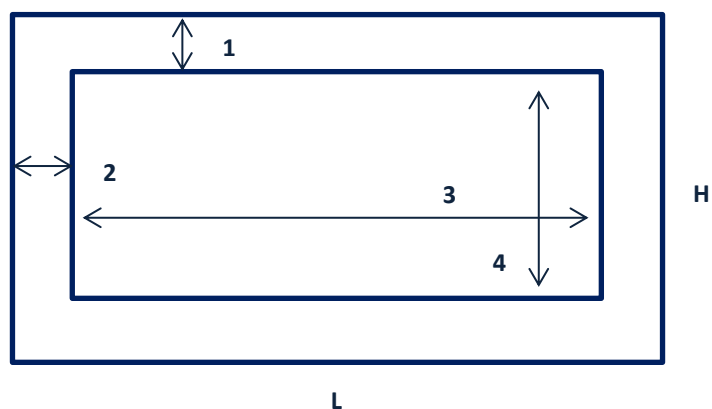
Tab.3. Kategorie wad szkła Float zgodnie z normą PN-EN 572-2

Kategoria wad punktowych	Średnia liczba wad na 20m ²	Maksymalna liczba wad w każdej tafli
A	Dopuszczalne bez ograniczeń	Dopuszczalne bez ograniczeń
B	3	2
C	0,6	1
D	0.05 (uznane za niedopuszczalne)	1 (pod warunkiem, że widoczna wada nie spowoduje pęknięcia szkła)

Tab.4. Poziomy akceptacji wad punktowych szkła zgodnie z normą PN-EN 572-2

1.2.3. Ocena szkła powłokowego

Parametry szkła powłokowego opisuje norma PN-EN 1096-1, 2, 3, 4. W poniższych rozdziałach przedstawione zostały dodatkowe adnotacje dla szkła powłokowego. Jego tolerancje w założeniu pokrywają się z parametrami dla szkła Float, zwiększając jedynie w niewielkim stopniu dopuszczalne odchyłki. Szkło powłokowe ocenia się poprzez przeprowadzenie oględzin w warunkach naturalnego oświetlenia, światła rozproszonego, na tle matowego, czarnego lub szarego ekranu, stając w punkcie centralnym oraz odsuwając się od środka tworząc maksymalny kąt 30°. Wady niewidoczne z odległości 3m nie są kwalifikowane jako wady. Ocenę wad dokonuje się na podstawie następujących kryteriów:



Rysunek 1. Powierzchnia szkła powlekanego o wymiarze końcowym jaką należy poddać ocenie

Objaśnienia:

- 1. Obszar brzegowy odpowiadający powierzchni 5% wymiaru H
- 2. Obszar brzegowy odpowiadający powierzchni 5% wymiaru L
- 3. Obszar powierzchni głównej stanowi 90% powierzchni L
- 4. Obszar powierzchni głównej stanowi 90% powierzchni H

Możliwe do wystąpienia wady powłoki mają podobną charakterystykę jak w przypadku szkła Float. Ponadto wyróżnia się:

- Plamy – występujące jako ciemne zabarwienie w stosunku do otaczającej powłoki, widoczne wyraźniej od strony transmisji (spojrzenie na szkło od wewnętrznej strony docelowego montażu),
- Pinholes – punktowe częściowe, bądź całościowe luki w powłoce, zaobserwowane jako jasne przebarwienia. Widoczne intensywniej od strony transmisji, tworzące zakłócenie również od strony odbicia (z zewnętrznej strony docelowego montażu),
- Klastry – skupiska bardzo małych wad, tworzących efekt plamy,
- Wada nierównomierności – jest wizualną różnicą zabarwienia z obydwu stron obserwacji, na jednej formatce szkła, bądź docelowym komplecie.

Typy wad	Kryteria akceptacji wad szkła powlekanego	
Nierównomierność, Plama punktowa	Dozwolone jeśli nie zakłócają widoku	
	Powierzchnia główna	Powierzchnia brzegowa
Plama, Pinholes > 3mm	Niedozwolone	Niedozwolone
Plama, Pinholes > 2 oraz ≤ 3mm	Dozwolone, jeśli nie więcej niż 1/1m ²	Dozwolone, jeśli nie więcej niż 1/1m ²
Klastry	Niedozwolone	Dozwolone, jeśli nie na powierzchni widoku przez szybę
Rysy > 75mm	Niedozwolone	Dozwolone, jeśli są oddalone od siebie > 50 mm
Rysy ≤ 75mm	Dozwolone, jeśli lokalna gęstość nie zakłóca widoku	

Tab.5. Poziomy akceptacji wad w szkłe powłokowym zgodnie z normą PN-EN 1096-1

W ramach realizacji poszczególnych zleceń, specyfika obróbki szkła powlekanego wymaga ściągnięcia brzeżnej warstwy powłoki. W wyniku procesu technologicznego po jej zebraniu na powierzchni szkła mogą uwidocznić się wzdłużne pasy. Ich widoczność wzrasta szczególnie po zespoleniu szkła, w wyniku styczności z silikonem. Cecha ta nie jest uznana za wadę, stanowi nieodłączny efekt procesu.

2. Obróbka krawędzi

2.1. Rozkrój szkła

2.1.1. Możliwości technologiczne

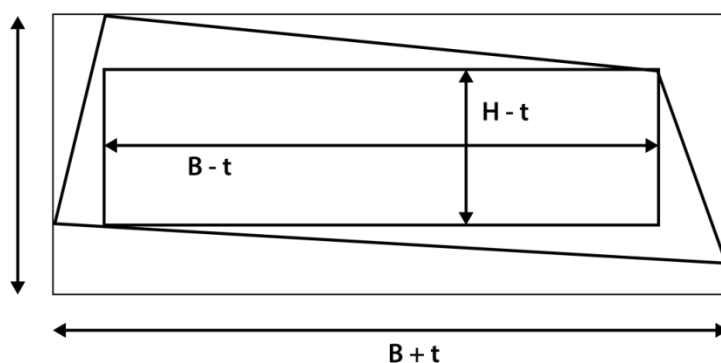
Rozkrój szkła polega na wycięciu formatek zgodnie z docelowymi wymiarami z większej tafli. Możliwości technologiczne wynikają bezpośrednio z parametrów technicznych stołu. Konieczne jest ponadto uwzględnienie wycinania ostrych naroży względem kąta do jakiego ma zostać wykrojona docelowa formatka.

Rodzaj szkła	monolityczne
Minimalna dopuszczalna grubość szkła [mm]	3
Pozostałe grubości nominalne szkła	4, 5, 6, 8, 10, 12, 15, 19

Tab.6. Dostępne grubości nominalne szkła

2.1.2. Tolerancje wymiarowe

Poniżej przedstawione zostały tolerancje wymiarowe: długości i szerokości, a także możliwych do wystąpienia różnic przekątnych dla szkła Float.



Rysunek 2. Tolerancje wymiarowe rozkroju

Grubość pojedynczego szkła	Tolerancje dla nominalnego wymiaru szyby [mm]		
	(H,B) < 1 500	1 500 < (H,B) < 3 000	(H,B) > 3 000
3, 4, 5, 6	± 1,0	± 1,5	± 2,0
8, 10,	± 1,5	± 2,0	± 2,5
12, 15, 19	± 2,0	± 2,5	± 3,0

Tab.7. Tolerancje dla nominalnych długości i szerokości szkła Float zgodnie z normą PN-EN 572-8

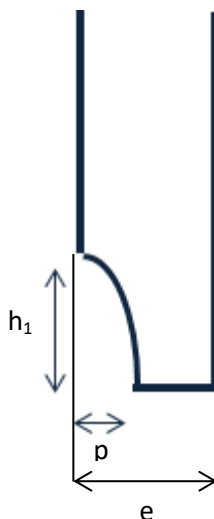
Grubość nominalna szkła	Limity różnicy pomiędzy przekątnymi [mm]		
	(H, B) < 1 500	1 500 < (H, B) < 3 000	(H,B) > 3 000
3, 4, 5, 6	3	4	5
8, 10, 12,	4	5	6

Tab.8. Tolerancje różnicy przekątnych dla szkła Float zgodnie z normą PN-EN 572-8

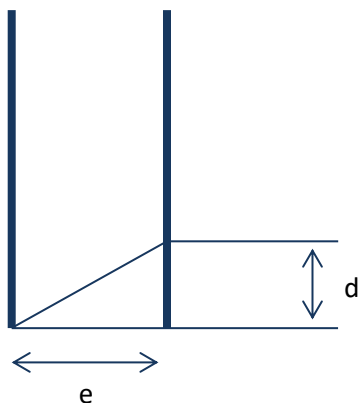
2.2. Wykończenie krawędzi

2.2.1. Charakterystyka szkła przed wykończeniem krawędzi

Krawędzie szkła, które nie zostały poddane żadnemu procesowi obróbczemu stanowią tak zwane „surowe szkło” będące ostrym, mogącym posiadać odpryski na krawędziach, a także drobne naddatki.



Rysunek 3. Szczerba na krawędzi



Rysunek 4. Wykończenie krawędzi

Uszkodzenie krawędzi	Ograniczenia
Szczerby	$h_1 < (e-1) \text{ mm}$ $p < (e/4) \text{ mm}$
Naddatki	h_2 nie powinien przekraczać górnej odchyłki t , jak pokazano w tabeli 1, gdyż szyba nie spełni wymagań dotyczących prostokątności, jak pokazano na rysunku 1.
Skosy	Stosunek (d/e) powinien być mniejszy niż 0,25

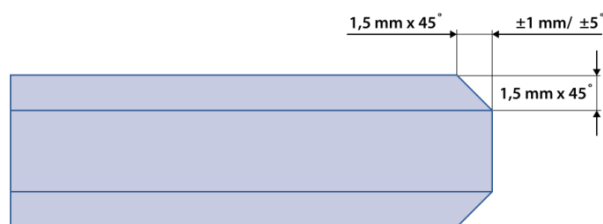
Tab.9. Dopuszczalne wady krawędzi dla szkła Float zgodnie z normą PN-EN 572-8

2.2.2. Zatępienie krawędzi

Zatępienie polega na zebraniu niewielkiej warstwy szkła z jego krawędzi, w wyniku czego staje się ona gładka, a ryzyko skaleczenia się zostaje zminimalizowane. Zatępione naroże może posiadać większy ubytek w porównaniu do pozostałej części krawędzi. Ten proces wykonywany jest z reguły dla elementów, których krawędzie będą docelowo niewidoczne (np. szyby drzwiowe, bądź fronty meblowe).

2.2.3. Szlifowanie krawędzi

Szlifowanie polega na zebraniu niewielkiej warstwy szkła z jego krawędzi w celu jej wyrównania, a także nadania wrażenia estetyki wykonania. Po przeprowadzonej obróbce krawędzie stają się matowe. Polerowanie jest natomiast procesem, który nie powoduje zebrania nadmiaru materiału, wpływa natomiast na jego aspekt wizualny, tworząc błyszczącą powierzchnię na całej krawędzi szyby.



Rysunek 5. Faza krawędzi szlifowanej

Szlifowanie, polerowanie oraz zatępienie szyb może być wykonywane ręcznie, bądź maszynowo. Oprócz wymienionych typów, w firmie Vitroform wykorzystywana jest również maszyna obróbcza typu CNC, wykonująca zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne wykończenia krawędzi.

2.2.4. Wiercenie otworów

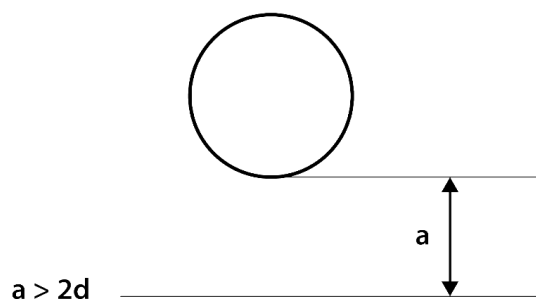
Wiercenie polega na wykonaniu otworów w szkłe za pomocą specjalnego wrzeciona, w którym zamontowane jest diamentowe wiertło.

Wszelkie parametry związane z procesem wiercenia – ograniczenia rozmieszczenia otworów względem obrzeży, naroży, a także względem siebie wytyczone są przez normę PN-EN 12150-1 „Szkło w budownictwie. Termicznie hartowane bezpieczne szkło sodowo-wapniowo-krzemianowe. Część 1: Definicja i opis”. Ograniczenia te zależą od:

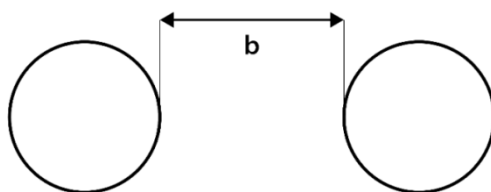
- nominalnej grubości szkła (d),
- wymiarów szyby (B , H),
- średnicy otworu (φ),
- kształtu szyby,
- ilości otworów.

Na ich podstawie realizowany jest proces technologiczny z następującymi wytycznymi:

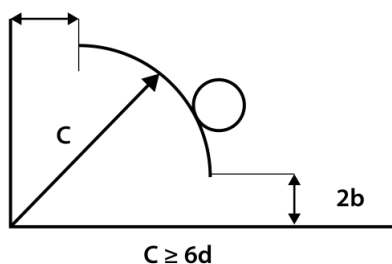
- Odległość a , obrzeża otworu od obrzeża szkła nie może być mniejsza niż $2d$



→ Odległość b , między krawędziami otworów nie powinna być mniejsza niż $2d$



→ Odległość, c , obrzeża otworu od naroża szyby nie powinna być mniejsza niż $6d$



Rysunek 6. Wytyczne rozmieszczenia otworów

2.2.5. Tolerancje związane z procesem wiercenia

Zgodnie z normą najmniejsza dopuszczalna średnica otworu nie może być mniejsza od grubości nominalnej docelowej formatki (zakładając jako szkło bazowe 4 mm).

Nominalna średnica otworu φ [mm]	Tolerancje [mm]
$4 < \varphi < 20$	$\pm 1,0$
$20 < \varphi < 100$	$\pm 2,0$
$\varphi > 100$	Do uzgodnienia z producentem

Tab.10. Tolerancje średnicy otworów zgodnie z normą PN-EN 12150-1

W celu określenia położenia danego otworu na płaszczyźnie konieczne jest wybranie jednego punktu odniesienia, za które traktuje się jedno z naroży szyby. W celu standaryzacji punktu odniesienia najlepiej ustalić dwie prostopadłe osie od lewego dolnego rogu, od którego mierzona jest odległość.

Grubość pojedynczego szkła	Tolerancje dla nominalnego wymiaru szyby [mm]		
	(H,B) < 2 000	2 000 < (H,B) < 3 000	(H,B) > 3 000
4, 5, 6	$\pm 2,0$	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$
8, 10, 12, 15	$\pm 3,0$	$\pm 4,0$	$\pm 5,0$

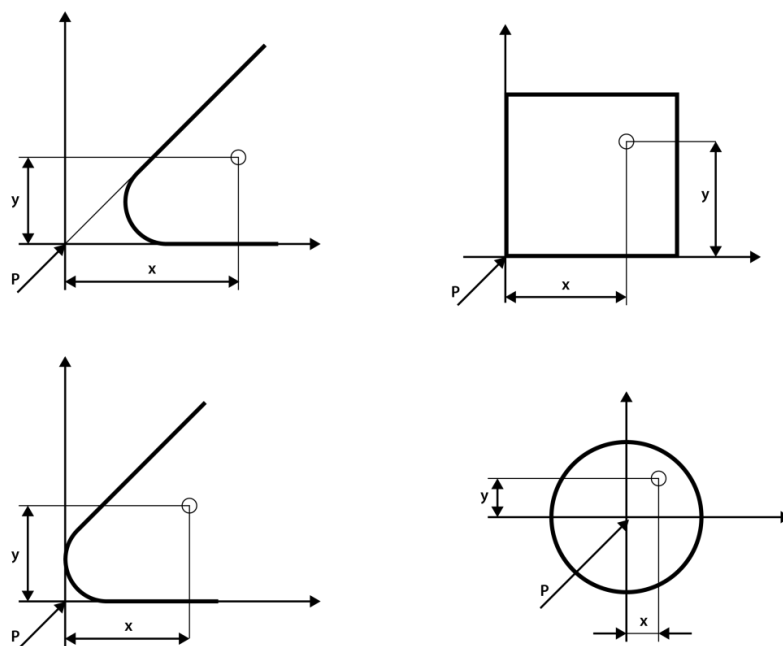
Tab.11. Tolerancje rozmieszczenia otworów zgodnie z normą PN-EN 12150-1

Technologia otworowania dopuszcza odchylenia względem wykończenia krawędzi otworów.

Wymuszenia na krawędziach otworów	Tolerancje wykończenie
Szerokość	Max. 3 mm
Długość	Max. 6 mm
Głębokość	25% grubości nominalnej szkła bez ograniczenia liczby
W przypadku posiadanej informacji o przykryciu otworu rotulą, bądź innym systemem	Powyższe tolerancje wzrastają, do granicy krycia przez system

Tab.12. Tolerancje wykończenia krawędzi otworów

Prezentację sposobu pomiaru zakresu tolerancji rozmieszczenia ukazują poniższe rysunki, dla których wartość x, y stanowią wymagane odległości umiejscowienia otworu od naroża, t stanowi wartość odchylenia, a $x \pm t$ oraz $y \pm t$ stanowią wartości graniczne tolerancji.



Rysunek 7. Zakres tolerancji dla rozmieszczenia otworów

Przedstawione powyżej wytyczne odnoszą się również do otworów fazowanych.

2.2.6. Wycięcia na krawędziach i narożach oraz podcięcia

W zależności od wielkości wymiarów, a także kształtu formatki szkła, możliwe jest wykonanie wielu konfiguracji nacięć, jak i wcięć.

W celu uzyskania poprawnego jakościowo wyrobu konieczne jest zachowanie następujących wytycznych:

→ Wielkość wycięć na krawędzi, a także w narożu nie może przekraczać wartości 1/3 zarówno długości jak i szerokości formatki.

Tolerancje rozmieszczenia wycięć są odpowiednio porównywalne dla wytycznych procesu wiercenia.

Grubość pojedynczego szkła	Tolerancje dla nominalnego wymiaru szyby [mm]		
	(H,B) < 2 000	2 000 < (H,B) < 3 000	(H,B) > 3 000
4, 5, 6	± 2,0	± 3,0	± 4,0
8, 10, 12, 15	± 3,0	± 4,0	± 5,0

Tab.13. Tolerancje rozmieszczenia wycięć na krawędzi oraz narożu formatki szkła

3. Emaliowanie szkła

W firmie Vitroform dokonuje się emaliowania szkła na trzy odmienne sposoby: metodą sitodruku, metodą walca (rolkową), a także ręcznie. W zależności od specyfikacji zlecenia, a także procesu technologicznego powierzchnia formatek pokrywana jest emalią ceramiczną, bądź chemoutwardzalną.

W przypadku malowania farbą ceramiczną, umieszczona na powierzchni szkła farba wtapia się i utrzymuje w sposób trwały podczas procesu hartowania, bądź termicznego wzmocnienia. Nadaje to szczególnej trwałości i odporności na uszkodzenia mechaniczne, jak i chemiczne. To stanowi również różnicę względem farb chemoutwardzalnych, po których zastosowaniu szkło, jak i jego powierzchnia może zostać poddana kolejnym modyfikacjom.

3.1. Metoda sitodruku

Metoda ta polega na naniesieniu emalii na powierzchnię szkła za pomocą rakla. Odbywa się to na poziomym stole do sitodruku z wykorzystaniem odpowiedniego kształtu sita. Grubość warstwy farby jest stosunkowo cienka, stąd niekiedy potrzeba dwukrotnego powtórzenia operacji. Decydując się na wybór tej metody, należy dokładnie zweryfikować sposób wykorzystania formatek (czy strona malowana umieszczona jest przodem do fasady, czy jest to szkło widoczne z obu stron, czy zastosowanie jest wewnętrzne, bądź zewnętrzne, jaki jest obserwacyjny punkt odniesienia), ze

względem na charakterystyczne dla procesu efekty takie jak drobne pasy występujące w kierunku wzdłużnym, jak i poprzecznym, a także zjawisko „delikatnie rozmytych plam”.

Sita wykonywane są specjalnie, zgodnie ze specyfiką zlecenia produkcyjnego.

3.2. Metoda walcowa

Określana również jako metoda malowania rolkowego. Polega ona na nałożeniu emalii na powierzchnię specjalnym walcem/rolką w celu uzyskania obwodowego pokrycia szkła. Efektem procesu jest równomierne, estetyczne i jednorodne rozłożenie emalii na formatce.

3.3. Ocena szkła emaliowanego

Weryfikacji czy wyrób jest zgodny pod względem jakościowym należy dokonać w konkretnych warunkach:

- Emaliowane szkło należy oceniać z minimalnej odległości 3 metrów, w punkcie centralnym formatki, stojąc prostopadle do jej powierzchni.
- Ocena prowadzona jest w normalnych warunkach dziennych, pozbawiona sztucznego oświetlenia, jak i bezpośredniego światła słonecznego (jedynie rozproszone światło dzienne).
- Tło dla oceny szkła powinno być nieprzezroczyste, ustawione równoległe do formatki (Zgodnie z normą PN-EN 572-2 tłem powinien być czarny ekran).
- Zaobserwowanie zjawiska tak zwanego „rozwieżdzonego nieba” jest wynikiem procesu technologicznego. Podobna kwestia odnosi się do drobnych smug oraz plam. Szczególnie widoczne są one w przypadku umieszczenia na jasnym podłożu, a także w przypadku podświetlenia od strony przeciwnej do obserwatora. Zjawiska te wynikają z charakterystyki emalii, która nie daje efektu maksymalnej nieprzepuszczalności dla światła.
Efekt „rozwieżdzonego nieba” swoimi rozmiarami przypisany jest jako defekt mniejszy, bądź równy 0,5 mm i zostaje tym samym dopuszczalny co do ilości.
- W przypadku realizacji malowania szkła metodą sitodruku występuje granica tolerancji jego rozmieszczenia ± 2 mm. W przypadku emaliowania szkła szlifowanego, przesunięcie sitodruku liczone jest od miejsca zakończenia fazy.
- Ewentualne odpryski na krawędziach są dopuszczalne w granicy rozmiaru 1 mm.
- Tak zwane naprawy ubytków farby mogą być realizowane przed hartowaniem emalii ceramicznej, bądź przez ponowne nałożenie farby chemoutwardzalnej.

4. Hartowanie szkła (ESG)

Proces termicznego hartowania, polega na nagraniu szkła do tak zwanej temperatury mięknięcia (ok 630-640°C), a następnie jego oziębieniu przy pośrednictwie strumienia sprężonego

powietrza. Efektem wyjściowym jest uzyskanie nowych, lepszych w charakterze bezpieczeństwa parametrów szkła. Na jego warstwie powierzchniowej powstają naprężenia rozprężająco-ściskające, co zdecydowanie podwyższa jego wytrzymałość, dzięki czemu jest znacząco odporniejsze na uderzenia w przeciwieństwie do zwykłego szkła, a także posiada zwiększoną odporność termiczną.

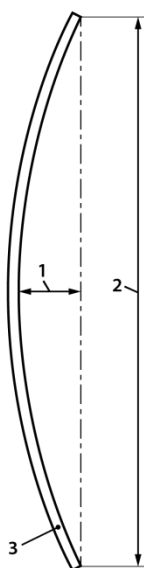
4.1. Płaskość szyb hartowanych oraz możliwe odkształcenia

Dla formatek poddanych procesowi hartowania charakterystycznym zjawiskiem jest nadanie wypukłości (PN EN 12150-1, PN EN 12150-2). W wyniku tego procesu niemożliwe jest uzyskanie takiej samej postaci szkła płaskiego, jak przed procesem, dla szkła odprężonego. Różnice te mogą wynikać z nominalnej grubości, wymiarów, stosunku między wymiarami, a także sposobu ułożenia formatek na stole odbiorczo-podawczym pieca hartowniczego (pofalowanie rolek). Zarówno całkowita wypukłość, pofalowanie od rolek jak i podniesione obrzeże zwykle mogą być złagodzone systemem obramowania oraz sposobem montażu. Wartość wypukłości wyrażona jest jako odkształcenie w milimetrach, podzielone odpowiednio przez wymiar długości obrzeża szkła lub przekątnej, w metrach. Poszczególne granice tolerancji dla odkształceń jakie mogą wyniknąć w procesie hartowania szkła w firmie Vitroform ukazują wytyczne w tabelach:

Typ szkła	Tolerancje dla nominalnego wymiaru szyby [mm/m]	
	Wypukłość całkowita [mm/m]	Pofalowanie od rolek [mm/m]
Niepowlekane szkło float wg norm EN 572-1 i EN 572-2	3,0	0,3
Inne	4,0	0,5

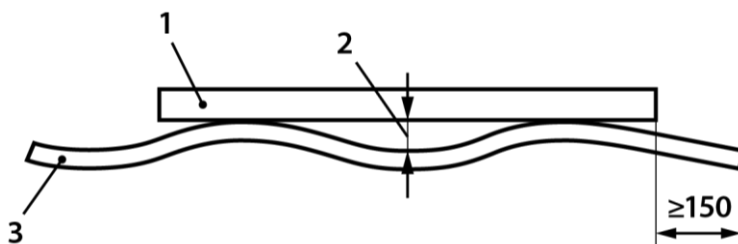
Tab. 14. Maksymalne dopuszczalne wartości wypukłości całkowitej i pofalowania od rolek

Pomiaru wypukłości całkowitej dokonuje się umieszczając szybę w pozycji pionowej opierając ją na dłuższym boku, przykładając wzdłuż obrzeży szkła metalowy liniał. Maksymalna odległość między przyrządem pomiarowym a wklęsłą powierzchnią szkła będzie stanowić wynikową wartość wypukłości formatki.



Rysunek 8. Pomiar wypukłości całkowitej formatki szkła.

Zgodnie z zapisem normy PN-EN 12150-1 falistość od rolek może być widoczna w odbitym świetle, szczególne narastanie zjawiska wiąże się ze szkłem o większej (lub równej) wartości nominalnej – 8 mm. Formatki te po zahartowaniu mogą wykazywać ślady małych odcisków na powierzchni tak zwanych „odcisków rolek”. Pomiar pofalowania od rolek wykonuje się za pomocą liniału łącząc jego krawędzią szczyty pofalowań, a następnie weryfikując szczelinomierzem odległość między powierzchnią szkła, a liniałem.



Rysunek 9. Pomiar pofalowania od rolek.

Ograniczenia pomiarowe:

- pofalowania od rolek można mierzyć tylko na formatkach o wymiarze większym niż 600mm mierzonym pod kątem prostym do pofalowań od rolek;
- pofalowania od rolek nie można mierzyć na obszarze wyłączonym, który zajmuje 150mm od obrzeży formatki;
- formatki z wypukłością całkowitą należy kłaść na płaskim podparciu. Pozwala to grawitacji na rozplaszczanie całkowitej wypukłości i dzięki temu da prawidłowe wyniki pofalowania od rolek.

4.2. Gięte szkło hartowane

Wytyczne odnośnie giętego szkła hartowanego przedstawia osobny zapis przygotowany przez firmę Vitroform „Tolerancje szkło gięte ESG”. Dokument przedstawia wytyczne odnośnie maksymalnych wymiarów formatek, promienia gięcia, możliwych tolerancji odnośnie wymiaru, skośności oraz prostoliniowości formatek. Zawiera również odnośniki do pozostałych parametrów szkła giętego, wynikających bezpośrednio z realizacji procesu technologicznego. W poniższych punktach normy, informacje odnoszą się zarówno do szkła hartowanego płaskiego, jak i giętego.

- **Szkło gięte może zostać również uzyskane przy pomocy innej technologii – pieców grawitacyjnych. Proces ten przynosi inny efekt oraz posiada odmienne parametry szkła. Tolerancje przedstawione są w dokumencie „Tolerancje gięcie grawitacyjne”.**

4.3. Inne właściwości fizyczne szkła hartowanego

4.3.1. Anizotropia

Realizując proces hartowania szkła, w jego przekroju poprzecznym wytwarzają się obszary o różnych naprężeniach, które wytwarzają efekt dwójłomności w szkłe, widoczny w świetle spolaryzowanym. Podczas obserwacji w przedstawionych wyżej warunkach, obszary naprężeń widoczne są w postaci barwnych stref, opisywanych w normie jako „plamki lamparta”. Jako, że polaryzacja światła zdarza się w normalnym świetle dziennym, a jej stopień zależy od pogody oraz kąta padania promieni słonecznych, efekt może być widoczny w większym lub mniejszym stopniu. Anizotropia nie jest uznana za wadę szkła, ani procesu, jest naturalnym efektem technologii oraz parametrów surowca.

4.3.2. Odporność termiczna szkła hartowanego

Termicznie hartowane szkło bezpieczne pozostaje niezmiennie w swoim charakterze w warunkach ciągłej pracy w temperaturze dochodzącej co najmniej do 250°C, a także warunkach poniżej 0°C. Ponadto nie są podatne na wpływ nagłych zmian temperatur, w tym różnic do 200°C.

4.3.3. Wytrzymałość mechaniczna oraz prowadzone badania

→ **Badanie siatki spękań** – ma na celu zweryfikować poprawność charakteru pęknięcia formatki zgodnie ze sposobem przewidzianym dla szkła termicznie hartowanego. Dokonywane jest na próbce, w której wybrany zostaje obszar o wymiarach 50x50 mm, wykluczając obszary obrzeża oraz promień 100 mm od miejsca uderzenia. Aby uznać charakter siatki spękań za zgodny, w wyznaczonym obszarze musi znajdować się odpowiednia liczba odłamków – nie mniejsza niż w podanej poniżej tabeli.

Typ szkła	Grubość szkła [mm]	Minimalna liczba odłamków
Wszystkie typy szkła	4-12	40
Wszystkie typy szkła	15-19	30

Tab.15. Minimalna liczba odłamków powstałych podczas badania siatki spękań

Termicznie hartowanego bezpiecznego szkła sodowo-wapniowo-krzemianowego po zahartowaniu nie można ciąć, piłować, nawiercać ani wykańczać obrzeży.

4.3.4. Zaprasowania

Są to naturalne efekty technologii gięcia szkła, wynikające z działania pieca hartowniczego oraz charakterystyki wytrzymałościowej szkła. Występują w postaci mikropęknięć na krawędziach formatki – wzdłuż linii łuku. Nie są nieodłącznym elementem procesu. Na ich wielkość wpływa promień gięcia, wielkość formatki, a także grubość nominalna. Wielkość mikropęknięć może występować w granicy kilku milimetrów, sięgając nawet do 3 centymetrów. Zaprasowania nie są uznane za wadę podlegającą reklamacji. Poniżej przedstawiona fotografia prezentuje opisane zjawisko.



Rysunek 10. Zaprasowania powstałe w procesie gięcia

4.3.5. Spontaniczne pękanie szkła hartowanego oraz test HST

Podczas użytkowania szkło hartowane może ulec samoczynnemu pęknięciu w wyniku obecności siarczku niklu w szkłe. Zgodnie z normą PN-EN 12150-1 wtrącenia siarczku niklu (NiS) są rzadkim, lecz naturalnie występującym zanieczyszczeniem szkła. Podczas hartowania, cząstka siarczku niklu przechodzi przemianę polimorficzną, w wyniku czego zmienia swoją objętość wprowadzając dodatkowe naprężenia w taflę szkła. Aby zredukować powstałe naprężenia oraz ryzyko spontanicznego pęknięcia szkła hartowanego, zaleca się wykonanie testu HST.

→ **Test HST (Heat Soak Test)** – ma na celu zweryfikować obecność NiS w tafli szkła. Badanie to opisane przez normę PN-EN 14179 polega na poddaniu szkła hartowanego dodatkowej obróbce termicznej. Jest to badanie destrukcyjne, które eliminuje większość szkła obarczonego ryzykiem.

Wtrącenie siarczku niklu nie jest uznane za wadę szkła, jest naturalnym zanieczyszczeniem surowca. Pęknięcie szkła hartowanego spowodowane jego obecnością nie podlega reklamacji niezależnie, czy test HST został przeprowadzony.

5. Termiczne wzmacnianie szkła (TVG)

Szyby póhartowane (wzmocnione termicznie) wytwarza się zgodnie z procesem technologicznym oraz tolerancjami ukazanymi w normie PN-EN 1863-1 "Szkło w budownictwie. Termicznie wzmocnione szkło sodowo-wapniowo-krzemianowe. Część 1: Definicja i opis" oraz PN-EN 1863-2 "Szkło w budownictwie. Termicznie wzmocnione szkło sodowo-wapniowo-krzemowe. Część 2: Ocena zgodności wyrobu z normą". Formatka póhartowana charakteryzuje się większą wytrzymałością mechaniczną i termiczną od szkła odprężonego Float. Różnica między ESG a TVG występuje także w siatce spękań. Dla póhartu szyba rozbija się na większe kawałki, niż dla hartu, a linia pęknięć rozchodzi się w kierunku krawędzi, co w efekcie przyczynia się do tego, iż nie wypada ona całkowicie z zamontowanej ramy. Wzmacnianie termiczne jest więc zbliżonym procesem do hartowania, ale różni się od niego intensywnością schładzania, w wyniku czego powstałe naprężenia przynoszą mniejszy, ale również skuteczny efekt wytrzymałościowy. W przypadku wzmacniania termicznego szkła możliwe odkształcenia mają podobną specyfikę oraz tolerancje jak dla szkła hartowanego: wypukłość całkowita, pofalowanie od rolek.

Ze względu na proces technologiczny gięcia szkła o grubości nominalnej 4 mm, niemożliwe jest osiągnięcie parametrów szyby hartowanej (ESG).

6. Gięcie grawitacyjne

Tolerancje odnośnie technologii gięcia szkła metodą pieców grawitacyjnych przedstawione są w dokumencie „Tolerancje. Gięcie grawitacyjne”.

7. Laminowanie szkła

Dla szkła laminowanego proces technologiczny, a także jego charakterystyczne parametry wraz z tolerancjami wytyczają normy: PN – EN ISO 12 543 „Szkło warstwowe i bezpieczne szkło warstwowe” z następującymi częściami:

- PN – EN ISO 12 543 – 1 „Definicje i opis części składowych”
- PN – EN ISO 12 543 – 2 „Bezpieczne szkło warstwowe”
- PN – EN ISO 12 543 – 3 „Szkło warstwowe”
- PN – EN ISO 12 543 – 4 „Metody badań odporności”
- PN – EN ISO 12 543 – 5 „Wymiary i wykończenie obrzeża”
- PN – EN ISO 12 543 – 6 „Wygląd”
- PN – EN 14 449 „Szkło warstwowe i bezpieczne szkło warstwowe. Ocena zgodności wyrobu z normą”

7.1. Instrukcja bezpiecznego użytkowania szyb warstwowych

Firma VITROFORM Sp. z o.o. przekazuje Państwu niniejszą instrukcję, mając nadzieję, że pomoże ona w bezpiecznym użytkowaniu szyb warstwowych.

7.1.1. Uwagi dotyczące BHP przy składowaniu, montażu i użytkowaniu szyb warstwowych

1. Szyby warstwowe nie mogą być składowane bezpośrednio na podłożu.
2. Podłoże na którym zostaną ustawione szyby warstwowe należy wyłożyć klockami drewnianymi, grubym filcem, gumą lub plastikiem. Kąt pochylenia składowanych szyb warstwowych powinien wynosić od 30° do 60°.
3. Zwiększenie kąta powyżej 60° spowoduje silniejsze obciążenie szkła i może powodować pękanie.
4. Przy składowaniu szyb warstwowych każdą szybę należy oddzielić od następnej przekładkami korkowymi, tekturą lub papierem i jak najstaranniej docisnąć jedną do drugiej.
5. Całość składowanych szyb warstwowych zabezpieczyć przed ewentualnym przewróceniem lub przesunięciem.
6. Do transportu i montażu szyb warstwowych należy bezwzględnie używać profesjonalnych i co najmniej podwójnych przyssawek.
7. Osoby transportujące powinny używać specjalnych rękawic antypoślizgowych.
8. Podczas transportu, jedną ręką należy trzymać przyssawki w dolnej części szyby warstwowej, a drugą podtrzymywać górną krawędź szyby warstwowej.
9. Przy transporcie w zależności od ciężaru szyby warstwowej muszą uczestniczyć co najmniej dwie osoby.
10. Podczas transportu należy uważać aby nie uderzyć szybą warstwową o napotkane przedmioty.

11. Podczas użytkowania szyby warstwowej należy zwrócić szczególną uwagę aby nie opierać się o nią całym ciężarem ciała, dosuwać do niej ciężkich przedmiotów, kopać lub wykonywać innych czynności mogących stworzyć naprężenia w szybie warstwowej skutkującej jej popękaniem.
12. W przypadku balustrad wykonanych z szyb warstwowych zarówno w obudowie lub bez zabrania się wchodzenia na balustradę.

7.1.2. Użytkowanie szyb warstwowych

Szyb warstwowych i bezpiecznych szyb warstwowych nie należy:

1. Wystawiać na bezpośredni kontakt z zanieczyszczeniami organicznymi.
2. Pozostawiać przez dłuższy czas w stanie mokrym na skutek skraplania oparów spowodowanych niewłaściwą wentylacją wnętrza budynku.
3. Izolować od podłoża narażonego na wilgoć, w celu uniknięcia postępujących zmian w strukturze szyby laminowanej.
4. Eksploatować, montować i składować w środowisku narażonym na działanie agresywnych czynników chemicznych, w szczególności kwasu fluorowodorowego oraz ługów.

7.1.3. Magazynowanie szyb warstwowych

1. Szyby warstwowe powinny być magazynowane w suchych, wentylowanych pomieszczeniach.
2. W przypadku magazynowania na placu budowy należy skutecznie chronić szyby warstwowe przed działaniem czynników atmosferycznych (zwłaszcza słońca i wilgoci) oraz uszkodzeniami mechanicznymi.
3. Szyby warstwowe magazynowane na budowach winny być zabezpieczone przed wpływem środków chemicznie aktywnych oraz przy pracach ślusarskich i spawalniczych.

7.1.4. Montaż szyb warstwowych

1. Konstrukcja i rodzaj szyb warstwowych powinny być odpowiednio dobrane do warunków panujących w miejscu instalacji.
2. Konstrukcja, w której będą montowane szyby warstwowe powinna być zaprojektowana przez uprawnionych specjalistów.
3. Elementy, za pomocą których będzie montowana szyba warstwowa muszą posiadać atest producenta (okucia itp.). Muszą ponadto być dedykowane do szkła warstwowego.
4. Narzędzia, za pomocą których będzie montowana szyba warstwowa muszą być odpowiednio dostosowane (np. klucz dynamometryczny).
5. Zastosowane materiały montażowe na przykład podkładki, uszczelki itp. powinny być neutralne wobec szkła i folii PVB.

6. Konieczne jest natychmiastowe usuwanie brył cementu lub innych pozostałości materiałów budowlanych, w przeciwnym przypadku możliwe jest wytrawienie szkła prowadzące do powstania trwałych uszkodzeń powierzchni szkła.
7. Montaż realizować ze świadomością wrażliwości obszarów obrzeżnych szkła na wilgoć, biorąc pod uwagę ryzyko, bądź konieczność zabezpieczenia krawędzi.

7.1.5. Czyszczenie szyb warstwowych

1. Do bieżącego mycia szyb warstwowych należy używać ciepłej wody z niewielką ilością nie agresywnego środka czyszczącego.
2. Ewentualne przyklejone zanieczyszczenia odmoczyć za pomocą ciepłej wody z niewielką ilością nie agresywnego środka czyszczącego, a następnie ostrożnie zetrzeć za pomocą ściereczki bawełnianej lub celulozowej.
3. Zabrania się stosowania do czyszczenia szyb warstwowych środków do szorowania, ściereczek z warstwą szorującą, noży i wełny stalowej.
4. Trudne do usunięcia zabrudzenia, powinny być usuwane przy pomocy spirytusu lub benzyny, a następnie szybę należy umyć wodą.

7.2. Tolerancje dla szkła warstwowego

Głównymi parametrami są: możliwe limity odchyłeń szerokości B oraz długości H, które ukazuje poniższa tabela:

Wymiar nominalny B lub H	Grubość nominalna szkła warstwowego ≤ 8mm	Grubość nominalna szkła warstwowego > 8mm	
		Każda tafła szkła o grubości nominalnej < 10mm	Przynajmniej jedna tafła szkła o grubości nominalnej ≥ 10mm
≤ 2 000	+ 3,0	+ 3,5	+ 5,0
	- 2,0	- 2,0	- 3,5
≤ 3 000	+ 4,5	+ 5,0	+ 6,0
	- 2,5	- 3,0	- 4,0
> 3 000	+ 5,0	+ 6,0	+ 7,0
	- 3,0	- 4,0	- 5,0

Tab. 16. Limity odchyłeń t1 i t2 dla szerokości L, długości H – na podstawie wyciągu z normy PN – EN ISO 12543 – 5

Ponadto należy uwzględnić, iż przynajmniej jeden z elementów szkła warstwowego jest formatką hartowaną, bądź wzmacnianą termicznie, dlatego należy powiększyć tolerancję o dodatkowe ± 3 mm.

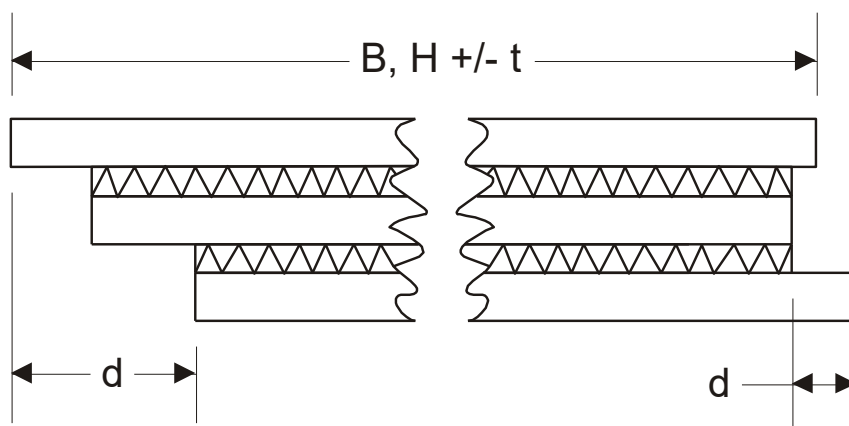
Konieczne jest również uwzględnienie możliwych przemieszczeń między komponentami szkła warstwowego. Limity odchyień między przekątnymi dla poszczególnych wymiarów szkła warstwowego ukazuje poniższa tabela:

Wymiar nominalny B lub H	Grubość nominalna szkła warstwowego $\leq 8\text{mm}$	Grubość nominalna szkła warstwowego $> 8\text{mm}$	
		Każda tafla szkła o grubości nominalnej $< 10\text{mm}$	Przynajmniej jedna tafla szkła o grubości nominalnej $\geq 10\text{mm}$
$< 2\,000$	6	7	9
$< 3\,000$	8	9	11
$> 3\,000$	10	11	13

Tab. 17. Limity odchyień między przekątnymi – na podstawie wyciągu z normy PN – EN ISO 12543 – 5

Wymiar nominalny B lub H	Maksymalne dopuszczalne przemieszczenie d
$B, H \leq 1\,000$	2,0
$1\,000 < B, H \leq 2\,000$	3,0
$2\,000 < B, H \leq 4\,000$	4,0
$B, H > 4\,000$	6,0

Tab. 18. Maksymalne przemieszczenia tafli w szkłe warstwowym – na podstawie wyciągu z normy PN – EN ISO 12543 – 5



Rysunek 11. Maksymalne przemieszczenia tafli w szkłe warstwowym

Analizując natomiast charakter procesu technologicznego dla szyb laminowanych oraz jego kontrolę w aspekcie występowania wad punktowych i liniowych, badania poparte są normą PN – EN ISO 12 543 – 6 „Wygląd”. Gdzie zgodnie z dokumentem funkcjonują następujące definicje pojęć:

- Wada punktowa – niezgodność, która obejmuje plamki, pęcherze oraz ciała obce,
- Wada liniowa – niezgodność, która obejmuje ciała obce, zarysowania oraz zadrapania.

W związku z tym Dział Kontroli Jakości oraz poszczególne Działy produkcyjne weryfikują następujące parametry:

Rozmiar wady d [mm]		0,5 < d ≤ 1,0	1,0 < d ≤ 3,0			
Wymiar tafli A [m ²]		dla każdego wymiaru	A ≤ 1	1 < A ≤ 2	2 < A ≤ 8	A < 8
Ilość lub gęstość dopuszczalnych wad	2 tafle	bez limitu; jednak bez akumulacji wad	1	2	1/m ²	1,2/m ²
	3 tafle		2	3	1,5/m ²	1,8/m ²
	4 tafle		3	4	2/m ²	2,4/m ²
	≥ 5 tafli		4	5	2,5/m ²	3/m ²

Tab.19. Dopuszczalne wady punktowe w obszarze widocznym na podstawie wyciągu (skan) z normy PN-EN ISO 12543-6

Tak zwana akumulacja wad pojawia się gdy co najmniej cztery wady znajdują się w odległości <200mm od siebie. Odległość ta zmniejsza się do 180mm dla szkła warstwowego składającego się z trzech tafli, a następnie zmniejsza się postępująco względem dodania kolejnej formatki do kompletu: do 150mm dla szkła składającego się z czterech tafli i do 100mm dla szkła składającego się z pięciu i więcej tafli.

Ponadto ilość dopuszczalnych wad należy zwiększyć o jedną dla każdej indywidualnej międzywarstwy grubszej niż 2mm.

Dla wad liniowych przewidziane są następujące tolerancje:

Powierzchnia tafli [m ²]	Ilość dopuszczalnych wad o długości > 30mm*
≤ 5	Niedopuszczalne
5 do 8	1
> 8	2

Tab.20. Dopuszczalne wady liniowe w obszarze widocznym na podstawie wyciągu (skan) z normy PN-EN ISO 12543-6

*Wszelkie wady liniowe nie przekraczające długości 30 mm są dozwolone.

7.3. Ocena wizualna szkła warstwowego

Szkło warstwowo sprawdza się wizualnie, ustawiając je w pozycji pionowej, równoległej do matowego szarego ekranu, przy świetle rozproszonym, nie będącym bezpośrednim światłem słonecznym, ani światłem sztucznym. Weryfikację przeprowadza się z odległości 2 metrów, stojąc prostopadle do tafli szkła, w jej punkcie centralnym. Zaznacza się wówczas wszelkie widoczne wady zakłócające. Należy uwzględnić, że wad mniejszych niż 1 mm nie należy brać pod uwagę.

Kontroli należy dokonywać pod kątem charakteru szkła warstwowego oraz jego montażu (obrzeża obramowane lub nieobramowane). Zgodnie z normą dla tafli o wymiarach mniejszych niż

5m², szerokość tak zwanego pasu obrzeża wynosi 15 mm, dla większych wymiarów, szerokość pasa zwiększa się do 20 mm.

→ Dla obszaru obrzeża szyb obramowanych, wady których średnica nie przekracza 5 mm lub 5% obszaru obrzeża są dopuszczalne.

→ Dla obszarów nieobramowanych wady weryfikowane są zgodnie z wcześniej wymienionymi wytycznymi i akceptowane jeśli „nie rzucają się w oczy”. Wady takie jak cofnięcia folii również wchodzą w tolerancję szkła warstwowego nieobramowanego.

Podsumowując, dopuszczalność wad zależy od następujących parametrów:

- Rozmiaru wady,
- Częstotliwości wady,
- Wymiarów tafli,
- Ilości składowych elementów szkła warstwowego.

8. Zespalandie szkła

8.1. Podstawowa charakterystyka

Szyby zespolone tworzą pakiet co najmniej dwóch tafli szkła, które oddzielone są między sobą, jedną, bądź kilkoma ramkami dystansowymi, uszczelnione hermetycznie wzdłuż obrzeża. Dobór odnośnie budowy docelowej kompletu, wymiarów, rodzaju użytych szkła powinien wynikać z ustaleń projektowych w związku z warunkami montażowymi oraz zastosowaniem. Szyby zespolone produkowane są w oparciu o poniższe normy, jak i wypracowane wewnętrzne standardy zakładowe.

Norma	Część	Nazwa
PN-EN 1279		Izolacyjne szyby zespolone
	1	Wymagania ogólne, opis systemu, zasady substytucji, tolerancje i jakość wizualna
	2	Długotrwała metoda badania i wymagania dotyczące przenikania wilgoci
	3	Długotrwała metoda badania i wymagania dotyczące szybkości ubytku gazu i tolerancji koncentracji gazu
	4	Metody badania fizycznych właściwości komponentów uszczelnień obrzeży i elementów wstawianych do szyb
	5	Norma wyrobu
	6	Zakładowa kontrola produkcji i badania okresowe

Tab.21. Wykaz zawartości normy PN-EN 1279

W przypadku braku możliwości określenia wymiarów szyb należy dostarczyć szablon wykonany w skali 1:1 z twardej tektury, sklejk lub rysunek techniczny formatki. W przypadku szyb wykonanych

na podstawie szablonu tolerancje wymiarów muszą uwzględniać zwiększoną tolerancję o odchyłkę ± 2 mm. Szablony są przechowywane przez okres 30 dni od daty produkcji szyb. Reklamacje dotyczące wymiarów szyb, po tym okresie nie będą uwzględniane.

8.2. Trwałość szyb zespolonych

Trwałość szyb zespolonych zależy od:

- ruchów i drgań budynków i konstrukcji wywołanych różnymi oddziaływaniami;
- odkształceń i uszkodzeń konstrukcji, w których mocowane jest szkło wywołanych różnymi oddziaływaniami;
- dokładności wymiarów elementów konstrukcji mocującej szkło oraz podpór szkła;
- jakości zamontowania podpór szkła w konstrukcji nośnej;
- jakości instalacji konstrukcji nośnej szkła;
- rozszerzania się konstrukcji nośnej szkła z powodu wilgoci zaadsorbowanej z powietrza lub z powodu innych czynników;
- podatności na warunki atmosferyczne (ciśnienie, temperatura - w szybach usytuowanych w bardzo nasłonecznionych miejscach może dochodzić do znacznych wzrostów temperatury w przestrzeni międzyszybowej, co może powodować rozszerzalność).

8.3. Tolerancje szyb zespolonych

8.3.1. Tolerancje grubości szyb zespolonych wzdłuż obwodu

Pierwsza tafla (1)	Druga tafla (1)	IGU Tolerancja grubości
Szkło odpężone	Szkło odpężone	$\pm 1,0\text{mm}$
Szkło odpężone	Szkło hartowane lub wzmocnione (2)	$\pm 1,5\text{mm}$
Szkło odpężone	Arkusz szkła warstwowego (3)	Grubość < 6mm i całkowita grubość < 12mm $\pm 1,0\text{mm}$ W innych przypadkach $\pm 1,5\text{mm}$
Szkło hartowane lub wzmocnione	Szkło hartowane lub wzmocnione	$\pm 1,5\text{mm}$

Tab.22. Tolerancje grubości szyb zespolonych wzdłuż obwodu

Ad.1. Grubość tafli określana jest wartością nominalną

Ad.2. Termicznie hartowane szkło bezpiecznie oraz termicznie wzmacniane szkło

Ad.3. Szkło warstwowe lub bezpieczne szkło warstwowe składające się z dwóch odprężonych płyt szkła float (każda o maksymalnej grubości nominalnej wynoszącej 12 mm). W innych przypadkach wytyczne określa zapis normy EN 12543-5.

Tolerancje grubości szyb zespolonych z wieloma przestrzeniami międzyszybowymi ustala się na podstawie następujących kroków:

- Określić tolerancje dla każdego elementu składowego zgodnie z powyższą tabelą (zgodną z normą EN 1279-1 Tab.3.);
- Podnieść do kwadratu zweryfikowane wartości;
- Zsumować wartości podniesione do kwadratu;
- Obliczyć pierwiastek kwadratowy tych sum.

8.3.2. Tolerancje wymiarów szyb zespolonych

Uwzględniając szereg procesów składowych, jakie w efekcie mają doprowadzić do zespolenia szkła, a także realizowaną technologię, istnieje możliwość powstania odstępstw wymiarowych. Prezentację tolerancji przedstawia poniższa tabela. Dla szkła niehartowanego:

Wymiar boku [m]	Grubość boku [mm]	Odstępstwo wymiarowe [mm]
≤ 3	≤ 6	± 2
	≥ 6	± 3
>3	≤ 6	± 3
	≥ 6	± 4

Tab.23. Tolerancja odstępstw wymiarowych

8.3.3. Badania, parametry uszczelnienia szyb zespolonych i zakładowa kontrola produkcji

Całościowy proces uszczelniania szyb zespolonych musi być poddany analizie pod kątem zgodności parametrów takich jak:

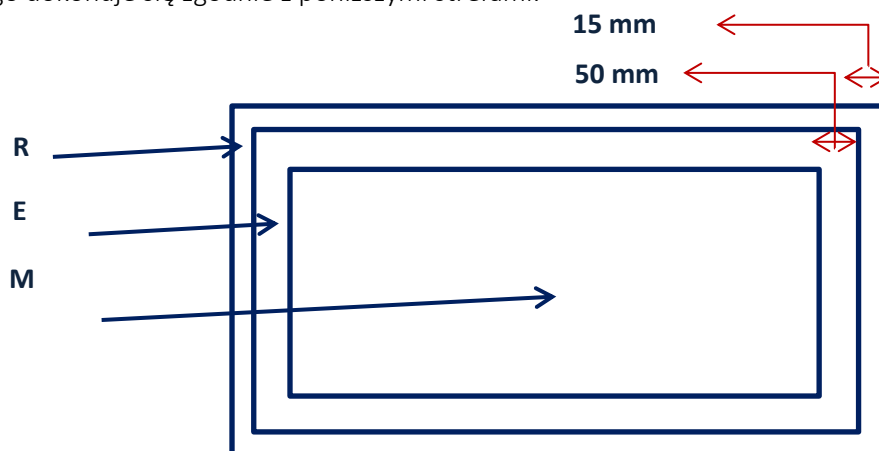
- Przenikanie pary wodnej (zgodnie z normą EN 1279-2);
- Adhezja szczeliwa do szkła (zgodnie z normą EN 1279-4);
- Szybkość ubytku gazu (dla szyb IGU wypełnionych gazem) (zgodnie z normą EN 1279-3).

8.3.4. Ocena wizualna szkła

Sprawdzanie jakości, a także wykonania szyb zespolonych polega na przeprowadzeniu oględzin w warunkach naturalnego oświetlenia, światła rozproszonego, na tle matowego, czarnego lub szarego

ekranu. Wady niewidoczne z odległości 3 metrów nie polegają reklamacji. Oceny dokonuje się na podstawie poniższych wytycznych:

Oceny szkła zespolonego dokonuje się zgodnie z poniższymi strefami:



Rysunek 12. Strefy szkła zespolonego

Weryfikacji dokonuje się zarówno ujmując całościowo pakiet szkła zespolonego, jak i ustalając jego strategiczne obszary:

- **R** – Strefa obrzeża, obejmująca wartość 15 mm od zewnętrznych krawędzi, zwykle stanowiąca obszar zakryty ramą,
- **E** – Strefa obrzeża widocznego stanowiącego obszar wyznaczony przez odległość 50 mm od wewnętrznych granic strefy R,
- **M** – Strefa główna.

Ocenie wizualnej podlegają:

- Dopuszczalne wady punktowe:

Strefa	Rozmiar niezgodności [mm]	Powierzchnia formatek szkła (kompletów zespolonych) [m ²]			
		A ≤ 1	1 < A ≤ 2	2 < A ≤ 3	A < 3
R	Wszystkie rozmiary	Bez limitu			
E	∅ ≤ 1	Akceptowalne jeśli występują pojedynczo, lub w skupiskach do 3 wad punktowych, gdzie przez skupisko rozumie się obszar o średnicy 20 cm			
	1 < ∅ ≤ 3	4	1 sztuka na 1 metr obwodu formatki [1szt/1m]		
	3 > ∅	nieodzwolone			
M	∅ ≤ 1	Akceptowalne jeśli występują pojedynczo, lub w skupiskach do 3 wad punktowych, gdzie przez skupisko rozumie się obszar o średnicy 20 cm			
	1 < ∅ ≤ 2	2	3	5	5+2/m ²
	2 > ∅	nieodzwolone			

Tab.24. Dopuszczalne wady punktowe

- Dopuszczalne pozostałe wady takie jak skazy, plamy, przebarwienia:

Strefa	Rozmiar niezgodności [mm]	Powierzchnia formatek szkła (kompletów zespolonych) [m ²]	
		A ≤ 1	1 < A
R	Wszystkie rozmiary	Bez limitu	
E	Plamy $\varnothing \leq 1$	Bez limitu	
	Plamy $1 < \varnothing \leq 3$	4	1 sztuka na 1 metr obwodu formatki [1szt/1m]
	Skazy, przebarwienia, pęcherze $\varnothing \leq 17$	1	
	Plamy $3 > \varnothing$ i Skazy, przebarwienia, pęcherze $\varnothing > 17$	Maksymalnie 1	
M	$\varnothing \leq 1$	Akceptowalne jeśli występują pojedynczo, lub w skupiskach do 3 wad punktowych, gdzie przez skupisko rozumie się obszar o średnicy 20 cm	
	$1 < \varnothing \leq 2$	Akceptowalne jeśli występują pojedynczo, lub w skupiskach do 2 wad punktowych, gdzie przez skupisko rozumie się obszar o średnicy 20 cm	
	$2 > \varnothing$	niedozwolone	

Tab.25. Dopuszczalne pozostałe wady takie jak skazy, plamy, przebarwienia

- Dopuszczalne wady liniowe:

Strefa	Pojedyncza wada liniowa [mm]	Suma wad liniowych [mm]
R	Bez limitu	
E	≤ 30	≤ 90
M	≤ 15	≤ 45

Tab.26. Dopuszczalne wady liniowe

W przypadku, jeśli suma składowych szyb w złożeniu zwiększa się o kolejny komponent szklany (laminat, kolejna komora) powyższe tolerancje zwiększają się o kolejne 25 %.

Na przykład dla podwójnego zespolenia (pakiet dwukomorowy z trzema szybami monolitycznymi) tolerancja zwiększona jest o współczynnik 1,25. W przypadku zespolenia dwóch laminatów tolerancja zwiększa się o współczynnik 1,5.

- Zakłócenia barwne:

→ **Obwódki (prążki) Brewstera**

Są to zakłócenia barwne w postaci różnokolorowych linii lub pasów w różnych miejscach na powierzchni szyby zespolonej. Zjawisko to jest najbardziej widoczne przy oglądaniu szyby pod kątem. Przyczyną tego zjawiska jest interferencja światła zachodząca ze względu na równoległość i bardzo

małą różnicę grubości szkła składowych szyby zespolonej. Zjawisko to nie jest wadą, jest bezpośrednio związane z technologią produkcji.

→ **Pierścienie Newtona**

Jest to zjawisko optyczne występujące tylko w wadliwych izolacyjnych szybach zespolonych, gdy dwie szyby w ich środku stykają się lub są bliskie zetknięcia. Zjawisko optyczne jest szeregiem koncentrycznych barwnych pierścieni, których środek jest w punkcie styku / bliskim zetknięcia dwóch szyb. Pierścienie są w przybliżeniu kołiste lub eliptyczne.

→ **Ugięcie szkła powstające z powodu zmian temperatury i ciśnienia atmosferycznego (efekt podwójnej szyby)**

Zjawisko to powstaje w wyniku sprężania i rozprężania powietrza lub gazu w przestrzeni międzyszybowej spowodowanego zmianą temperatury i ciśnienia otoczenia, w wyniku czego następuje uginanie się tafli szklanych, powodujące zniekształcenia odbitych obrazów. Ugięciom tym i wynikającym z nich zniekształceniom nie można zapobiec gdyż zmieniają się one w czasie. Wielkość ugięcia zależy od sztywności i wymiarów tafli szklanych, jak również od szerokości przestrzeni międzyszybowej. Małe wymiary, grube szyby i/lub małe przestrzenie międzyszybowe znacznie ograniczają te ugięcia.

→ **Rozszczelnienie – wyroszenie występujące w przestrzeni wewnętrznej szyb zespolonych (także gromadzenie się wody na dnie szyby)**

Rozszczelnieniem nazywamy wadę szyb zespolonych polegającą na utracie szczelności wewnętrznej komory szyb zespolonych. Objawem wystąpienia tej wady jest widoczne (stałe lub okresowo) zaparowanie wewnątrz szyby zespolonej, także zacieki lub gromadzenie się wody na dnie szyby.

→ **Zewnętrzna kondensacja**

Skrapianie pary wodnej, pojawiające się na zewnętrznych powierzchniach szyb zwróconych do wnętrza pomieszczenia lub na zewnątrz budynku, jest naturalnym zjawiskiem występującym przy podwyższonej wilgotności powietrza i temperaturze szkła niższej od otaczającego powietrza.

8.4. Instrukcja bezpiecznego użytkowania szyb zespolonych

8.4.1. Pakowanie szyb zespolonych

1. Szyby zespolone powinny być ustawione na stojakach, bądź w drewnianej skrzyni.
2. Do pakowania stosuje się stojaki metalowe typu L lub A, gdzie podstawa stojaka wraz z bokami powinna tworzyć kąt prosty. Wszystkie części metalowe stojaka, które mają mieć swój styk z szybami zespolonymi powinny być wyłożone gumą, lub innym materiałem amortyzującym (np.; styrodur).
3. W przypadku skrzyni, w celu lepszego zabezpieczenia styku jej części ze szkłem zaleca się zastosowanie płyt pilśniowych, bądź tektury.

4. Szyby zespolone ustawiane na stojakach, bądź skrzyniach powinny być zabezpieczone taśmami spinającymi, związanymi przy pomocy specjalnych klipsów, uniemożliwiających ich poluzowanie się w trakcie transportu. Zastosowane paski mają chronić przed ewentualnym przesuwaniem się zapakowanych kompletów zespolonych.
5. Między szybami zespolonymi należy stosować przekładki korkowe, tekturowe, drewniane lub inne uzgodnione z odbiorcą.
6. Każdy inny sposób pakowania powinien być uzgodniony przed jego wydaniem na Magazyn z dostawcą szkła.

8.4.2. Uwagi dotyczące BHP przy transporcie i składowaniu

1. Do rozładunku opakowań z szybami zespolonymi stosować wózki widłowe.
2. Podczas rozładunku zachować szczególną ostrożność.
3. Przed rozładunkiem sprawdzić stabilność opakowania oraz czy taśma spinająca nie jest poluzowana.
4. Szyby zespolone po wyjęciu z opakowania nie mogą być składowane bezpośrednio na podłożu.
5. Podłoże na którym zostaną ustawione szyby zespolone należy wyłożyć klockami drewnianymi, grubym filcem, gumą lub plastikiem. Kąt pochylenia składowanych szyb zespolonych powinien wynosić od 30° do 60°.
6. Zwiększenie kąta powyżej 60° spowoduje silniejsze obciążenie szkła i może powodować pękanie.
7. Przy składowaniu szyb zespolonych każdą szybę należy oddzielić od następnej przekładkami korkowymi, tekturą lub papierem i jak najstaranniej docisnąć jedną do drugiej.
8. Całość składowanych szyb zespolonych zabezpieczyć przed ewentualnym przewróceniem lub przesunięciem.
9. Do transportu i montażu szyb zespolonych należy bezwzględnie używać profesjonalnych i co najmniej podwójnych przyssawek.
10. W przypadku transportu i montażu szyb zespolonych giętych należy bezwzględnie używać profesjonalnych, co najmniej podwójnych przyssawek z ruchomymi ssawkami.
11. Osoby transportujące powinny używać specjalnych rękawic antypoślizgowych.
12. Podczas transportu jedną ręką należy trzymać przyssawki w dolnej części szyby zespolonej a drugą podtrzymywać górną krawędź szyby zespolonej.
13. Przy transporcie w zależności od ciężaru szyby zespolonej muszą uczestniczyć co najmniej dwie osoby.
14. Podczas transportu należy uważać aby nie uderzyć szybą zespoloną o napotkane przedmioty.

15. Podczas użytkowania szyby zespolonej należy zwrócić szczególną uwagę aby nie opierać się o nią całym ciężarem ciała, dosuwać do niej ciężkich przedmiotów lub wykonywać innych czynności mogących stworzyć naprężenia w szybie zespolonej skutkującej jej popękaniem.

8.4.3. Użytkowanie szyb zespolonych

Szyb zespolonych nie należy:

1. Wystawiać na bezpośredni kontakt z zanieczyszczeniami organicznymi.
2. Pozostawiać przez dłuższy czas w stanie mokrym na skutek skraplania oparów spowodowanych niewłaściwą wentylacją wnętrza budynku.
3. Eksploatować, montować i składować w środowisku narażonym na działanie agresywnych czynników chemicznych, w szczególności kwasu fluorowodorowego oraz ługów.

8.4.4. Magazynowanie szyb zespolonych

1. Szyby zespolone powinny być magazynowane w suchych, wentylowanych pomieszczeniach.
2. W przypadku magazynowania na placu budowy należy skutecznie chronić szyby zespolone przed działaniem czynników atmosferycznych (zwłaszcza słońca i wilgoci) oraz uszkodzeniami mechanicznymi.
3. Szyby zespolone magazynowane na budowach winny być zabezpieczone przed wpływem środków aktywnych chemicznie oraz przed pracami ślusarskimi i spawalniczymi.

8.4.5. Montaż szyb zespolonych

1. Uwarunkowania montażu izolacyjnych szyb zespolonych opisuje Załącznik informacyjny C, normy EN1279-5.
2. Konstrukcja i rodzaj szyb zespolonych powinny być odpowiednio dobrane do warunków panujących w miejscu instalacji.
3. Konstrukcja, w której będą montowane szyby zespolone powinna być zaprojektowana przez uprawnionych specjalistów.
4. Montaż szyb zespolonych należy wykonywać zgodnie z instrukcją producenta okuć.
5. Elementy, za pomocą których będzie montowana szyba zespolona muszą posiadać atest producenta.
6. Rama montażowa musi być tak skonstruowana, aby zapewnić stałą wentylację krawędzi szyb zespolonych i uniemożliwić gromadzenie się wilgoci lub wody.
7. Krawędzie szyb zespolonych winny być zabezpieczone przed bezpośrednim promieniowaniem UV i na stałe zabudowane w ramie.

8. Szklenie szyb zespolonych powinno odbywać się w temperaturze minimum 12°C i maksimum 40°C, po uprzednim co najmniej godzinnym pobycie szyb w tym przedziale temperatur.
9. Przy montażu szyby zespolonej należy pamiętać, aby:
 - klocki podporowe i dystansowe były równomiernie rozłożone po obwodzie szyby zespolonej,
 - żadna krawędź szyby zespolonej nie stykała się z obudową, w której się znajduje,
 - nie ustawiać naroży szyby zespolonej na klockach oporowych (klocki oporowe muszą znajdować się w odległości co najmniej 50 mm od naroża szyby),
 - nie mocować klocków dystansowych na wysokości naroży szyby zespolonej (klocki dystansowe muszą znajdować się w odległości co najmniej 50 mm od naroża szyby),
 - szerokość klocków podporowych i dystansowych była tak dobrana, aby spoczywała na nich cała szerokość szyby zespolonej,
 - długość klocków oporowych winna wynosić co najmniej 50mm a dystansowych najmniej 30mm,
 - kształt podkładek nie zmieniał się pod wpływem obciążeń (materiał o odpowiedniej twardości),
 - podkładki były odporne na działanie warunków atmosferycznych i materiałów uszczelniających,
 - materiały montażowe (np. silikon, podkładki, uszczelki, itp.) były neutralne wobec szkła, folii PVB oraz uszczelniaaczy,
 - sposób mocowania szyb zapewniał trwałe przykrycie całego pasa brzegowego wokół szyby w celu zapewnienia ochrony przed bezpośrednim oddziaływaniem promieni słonecznych na masę uszczelniającą oraz skuteczne wentylowanie i odprowadzanie wody z okolicy obrzeża szyb.
10. Szyba zespolona powinna być mocowana tak, aby szyba z warstwą niskoemisyjną znajdowała się do wewnątrz pomieszczenia.
11. Konieczne jest natychmiastowe usuwanie brył cementu lub innych pozostałości materiałów budowlanych, w przeciwnym przypadku możliwe jest wytrawienie szkła prowadzące do powstania trwałych uszkodzeń powierzchni szkła.

8.4.6. Czyszczenie szyb zespolonych.

1. Do bieżącego mycia szyb zespolonych należy używać ciepłej wody z niewielką ilością nie agresywnego środka czyszczącego.
2. Ewentualne przyklejone zanieczyszczenia odmoczyć za pomocą ciepłej wody z niewielką ilością nie agresywnego środka czyszczącego, a następnie ostrożnie zetrzeć za pomocą ściereczki bawełnianej lub celulozowej.
3. Zabrania się stosowania do czyszczenia szyb zespolonych środków do szorowania, ściereczek z warstwą szorującą, noży i wełny stalowej.
4. Trudne do usunięcia zabrudzenia, powinny być usuwane przy pomocy spirytusu lub benzyny, a następnie szybę należy umyć wodą.

5. Czyszczenia szyb zespolonych wystawionych na działanie atmosfery zewnętrznej nie należy wykonywać zarówno przy niskiej jak i wysokiej temperaturze zewnętrznej.
6. Podczas czyszczenia szyb zespolonych należy unikać bardzo gorącej wody lub gorącej pary.
7. Podczas czyszczenia należy unikać silnego nacisku na powierzchnię szyby zespolonej zwłaszcza w przypadku ich dużej powierzchni.
8. Etykiety identyfikacyjne winny być zdjęte z szyby zespolonej najpóźniej po upływie jednego miesiąca.

9. Podsumowanie

Firma Vitroform prowadzi wewnętrzną, zakładową kontrolę produkcji. Wszelkie realizowane procesy technologiczne weryfikowane są na podstawie funkcjonujących, na bieżąco aktualizowanych Norm Europejskich. W przygotowanym dokumencie zawarta jest pewna część norm o jaką opiera się weryfikacja jakościowa oraz proces produkcyjny. Wszelkie pozostałe powyżej nie wspomniane znormalizowane dokumenty są traktowane przez firmę Vitroform jako obowiązujące.