



DOI: 10.21005/pif.2023.53.B-06

GLASS HINGED DOOR SYSTEM, NEW SOLUTIONS

SYSTEM DRZWI UCHYLNÝCH SZKLANYCH, NOWE ROZWIĄZANIA

Dorota Warych-Mitas

Mgr

Author's Orcid number: 0000-0002-8310-2437

Anna Włoszczyńska-Lewińska

Mgr

Author's Orcid number: 0000-0002-1093-0581

PIU DESIGN Sp.z o.o.
Szczecin, Poland

ABSTRACT

The aim of the research was to develop a technology for glass – composite doors with a tilting slat integrated with the frame hidden in the wall, and to implement it on the Polish and international markets. The research has resulted in new technological solutions in relation to conventional glass doors, eliminating the current limitations in terms of height, width, weight and applicability of composite glass based on glass with infill. The study was conducted following the TRL (Technology Readiness Levels) system.

Key words: glass door with infill, glass door with concealed aluminium frame.

STRESZCZENIE

Celem badań było opracowanie oraz wdrożenie na rynek polski oraz międzynarodowy technologii drzwi szklanych – kompozytowych z listwą uchylną zintegrowaną z ościeżnicą ukrytą w ścianie. W wyniku tych badań powstały nowe rozwiązania technologiczne w stosunku do tradycyjnych drzwi szklanych, likwidujące obecne ograniczenia, co do wysokości, szerokości, ciężaru i możliwości zastosowania szkła kompozytowego opartego na bazie szkła z wypełnieniem. Badania zostały przeprowadzone według schematu TRL – poziomów gotowości technologicznej.

Słowa kluczowe: drzwi szklane z wypełnieniem, drzwi szklane z ukrytą aluminiową ościeżnicą.

1. INTRODUCTION

Fores... in liminibus profanarum aedium ianuae nominantur, Cicero says: Doors are called the access points (ianuae) at the thresholds of profane buildings. (Siegert, Duham Peters 2012)

Door inception goes as far as the idea of a house itself. People encounter doors and they accompany them throughout their lives. According to the Great Dictionary of Polish: a door is a movable board or two boards or other structure that closes the entrance to a building, a room. Its function has always been to divide rooms, to seal off an opening. At first, in the form of large wooden doors to keep out the cold, bad weather or uninvited visitors. This is now a very important architectural element which not only provides residents with peace of mind, but also serves an important aesthetic function. The most ancient preserved door found in Zurich, dating to 5,000 BC, was discovered in 2010 by Swiss archaeologists and may be the earliest such find in the world. The door is extremely remarkable because of the way the planks were fastened together. – Bleicher told the Associated Press. The harsh climatic conditions of the time meant that people were required to build houses of solid wood to protect against the cold winds blowing on Lake Zurich, and doors would help, he commented. This is a clever design which does even look good. Although some may say it's just a door, it's really a great find since it helps us better understand how people used to build their houses and what technology they had (Jordans 2010). Of equal interest are the discoveries from the area of ancient Sumer, the vicinity of Nippur, which are on display today in the British Museum's ancient culture exhibition. Back in ancient times, a door served its protective function in temples, palaces or other monumental structures the entrances of which it guarded. Crafted from solid materials, i.e. stone, marble, bronze or wood. The greatest monumental bronze double doors were constructed by the Romans for the Pantheon – they are over 7 meters in height (Britannica 2021). It was not until the medieval times that exterior doors became common in city homes. An example of a unique monument of Romanesque art from this period, is the Gniezno Doors, depicting the life of St. Adalbert. They were made of metal alloy and they are over 3 meters in height (Tomaszewska-Szewczyk, Krause 2000). Over the next centuries, doors turned into an obligatory element of residential buildings demonstrating the social status of their inhabitants. Front doors and interior doors started to take a variety of forms and shapes (Historia drzwi od drewna do aluminium). The form of the door as we know it today was adopted in the late 19th and early 20th centuries, only to acquire a minimalist, modern look stemming from Scandinavian architecture in the early 21st century, with a concealed frame and a minimalist leaf matching the interior.

2. DISCUSSION

An architect is a generalist, not a specialist-the conductor of a symphony, not a virtuoso who plays every instrument perfectly. As a practitioner, an architect coordinates a team of professionals that include structural and mechanical engineers, interior designers, building-code consultants, landscape architects, specifications writers, contractors, and specialists from other disciplines. Typically, the interests of some team members will compete with the interests of others. An architect must know enough about each discipline to negotiate and synthesize competing demands while honoring the needs of the client and the integrity of the entire project. (Frederick 2007)

The unchanging function of the door, as an element dividing rooms for centuries, has gained a new feature in recent years – namely, a visual and aesthetic aspect that pleases the eye. In the 20th century, there were many changes and innovations in door construction. What became the most revolutionary discovery, was the so-called Marcel Duchamp Door developed in 1927, which changed the perception of a door as an element that one has to close or open. The concept of Duchamp involved making one door simultaneously close and open different rooms (closing the bathroom door opened the bedroom door and vice versa). A couple of years later, in 1933, Jean van Heeckeren and Jacques-Henry Lévesque described the door as follows: *Nonetheless Marcel Duchamp has found a way to construct a door that is open and closed at the same time. With respect to the proverbially binary circuit-logic of the door, Duchamp's door, which can be simultaneously open and closed, is justly paradoxical. If the one space is opened, the other is automatically closed.*

Duchamp's paradoxical door is thus always simultaneously open and closed. The door quickly acquired the reputation of being a Dadaist provocation, but the door was not in the least dysfunctional. (Siebert, Duham Peters 2012).

A similar revolutionary concept at the beginning of the 19th century turned out to be the door flush with the wall, featuring a frame fitted into the wall. *I try to give people a different way of looking at their surroundings. That is art to me. (Lin M.).* Nowadays, concealed doors have been available on the European and Polish markets for several years. It is made by combining an aluminium frame with a sash aligned with the wall with a variety of materials for finishing. Typically, in the form of a wooden leaf to which additional leaf finishes are bonded – such as sinter, mirror or Lacobel tinted glass. This method exposes the adhered material to damage. PIU Design door system is designed by employing specific aluminium profiles resulting in the connection of the door trim panel with the leaf structure, at the same time protecting the edges from damage. Closing the edges of the material with an elegant aluminium framework produces both a functional effect - safety of use and influencing the correct operation of the door – and an aesthetic effect – the aluminium structure, available in brushed aluminium, is a timeless design that contributes to the character of the interior. As Antonio Gaudi already knew when he designed his buildings, the frill is equally important: *Every nuance was well thought out and planned with the occupants of the house in mind. We can therefore regard him as a forerunner of health-promoting architecture and functional ergonomics. An excellent illustration of this would be the handles fitted to windows and doors. He would make plaster casts of hands using those as a basis for the design of the handles in order to be able to open them with both the right and left hand (Edbom-Kolarz, Marcinkowski 2014).* Height is yet another important attribute of a contemporary door; though history has shown a trend towards monumentalism (doors and gates reaching up to 7 metres), modern conventional solutions are only around 2 metres in height. With the PIU Design aluminium system solution, interior hinged doors can be as high as 320 centimetres, visually expanding the space and allowing the doors to be installed up to window height, in keeping with the Bauhaus idea. White unplastered walls, bare concrete ceilings, steel window and door frames unquestionably bring a modernist character to the interior (Ludwiczak 2020). The door achieves different functions and acquires new characteristics depending on where it is used. *The man who comes back through the Door in the Wall will never be quite the same as the man who went out. He will be wiser but less sure, happier but less self-satisfied, humbler in acknowledging his ignorance yet better equipped to understand the relationship of words to things, of systematic reasoning to the unfathomable mystery which it tries, forever vainly, to comprehend (Huxley 2019).* *The reality of today is as varied as its audience. The multitude of approaches, needs, countless demands and ways of perceiving the world around us contradict the need for unification, repetition, uniformity. These contrasting needs also pertain to architecture. They afflict its creators, users and the general public. The overriding role against these contradictions is that of a design idea that merges the diversity of needs, requirements and circumstances into one coherent architectural space (Skaza 2016).*

Modern architecture does not mean the use of immature new materials; the main thing is to refine materials in a more human direction. (Aalto A.). Incorporating glass in the door spreads light and magnifies the space. Glass brings delicacy and lightness to the interior where it is fitted. To quote Marek Żarnoch: *Glazed doors have become increasingly popular in recent years. They are characterised by their aesthetic and hygienic properties, hence designers are employing solutions in which glazed doors are one of the elements of the fixed space dividers with increasing frequency, particularly in public buildings. (...) A glass door is defined as a door with leaves made entirely of glass panels (single glazed or laminated glass or insulating glass units), except for hardware or other accessories. The glass in such leaves represents a structural material. Glass doors usually include frames (usually made of aluminium sections). (Żarnoch 2006).*

3. MATERIALS AND METHODS

The assumptions for the developed PIU Glass concealed hinge glass door system were formulated based on a study and analysis of the existing Polish and European market. The analyses were compiled with a view to existing solutions already on the market, as well as on the basis of existing market needs which could be filled. Face-to-face meetings and online meetings with Architects, Designers

and end users – Project Owners – were particularly important for the market research. Thanks to the company's many years of experience, it was possible during these meetings to verify the existing possibilities against what expectations their customers have of glass doors. This was the basis for the concept of a new glass door system with an aluminium frame, hidden in the wall, and a glass leaf. An analysis of the needs of the target groups made it possible to determine the main parameters that the new glass doors should meet. The following section describes the next steps, materials and research methods.

4. STAGE OF DEFINING THE BASIC ASSUMPTIONS OF THE PROJECT OBJECTIVES

During this stage, the basic requirements were identified for each system:

- A door system consisting of composite glass and toughened glass combined with a tilting slat profile with a guide stud, i.e. a door leaf system embedded in an aluminium frame flush with the wall, where the leaf itself will be built of glass as the load-bearing element bonded by adhesives to the tilting slat with the guide stud
- The thickness parameters of the toughened and composite glass panels that will be suitable for inclusion in the slat profile as a result of the hinge strip and the slat surrounding the glass, as well as taking into account the possibility of using a system of hinges attached to the glass; an additional guideline will be the process of manufacturing the composite glass and the selection of its individual layers.
- An integrated system for closing the door leaf, based on a system of magnets concealed in both the leaf and frame, will be created by adapting as well as modifying existing solutions, to be selected from sub-suppliers, or, if no suitable solution is found, a new system will be created,
- The feasibility of integrating the glass panel into the profile, which will be analysed in the next stages of the project, through the selection of adhesive agents and tests depending on the type of glass involved – toughened or composite – and through the selection of appropriate hardware that meets the assumptions regarding glass thickness, glass weight, and integrity with the frame systems developed in the next stages of the project.
- The materials that can be incorporated into composite glass, which will be the result of research in later stages of the project and will depend on the binder used and the glass filling material
- The stud system and its fixing to the frame and slat profile, which will be required to meet the criteria of adequate load-bearing capacity (for composite and toughened glass, depending on its thickness and weight), interaction with the hardware
- The frame system for the versions that open through the frame and into the frame, created taking into account the assumed weights of the glass for the limit dimensions including the binder, selected in the subsequent project stages
- The load-bearing profile for the multi-leaf system and the assumptions for joining the individual segments as well as the number of segments that will be created by analysing what kind of multi-leaf system will be created (this will be the result of studies in subsequent stages, depending on the hardware and frame system created or selected, taking into account the weight of the leaves).

5. STAGE OF COMPUTER-AIDED DESIGN OF SYSTEM ELEMENTS

The basic design principles were transposed into dedicated 3D software programme. This solution enabled each component of the system to be precisely drawn and modelled. The program provided the opportunity to obtain a cross-section, which enabled accurate modelling including the internal part. The 3D modelling software also enabled the creation of seats for the attachment of the respective hardware – rivet nut: with or without flange or threading, and this also makes it possible to design the appropriate wall in which the hardware attachment will be performed in an optimum manner – which involves the appropriate wall thickness, but also has to take into account the subsequent seating of the rivet nut with the appropriate tool, or the wall thickness has to provide the appropriate

number of coils and active thread length to ensure that the hardware attachment is suitable. The advantage of designing in 3D is that it opens up the possibility of spotting problems earlier and eliminating them which may, otherwise, arise after the profile has been extruded. This results in a more efficient and faster process – ultimately cheaper, as it eradicates errors and problems that can arise at the design stage rather than the prototype stage. The program also offered the possibility of obtaining a cross-section through any plane or wall of the model, enabling the profile to be accurately modelled together with its internal part – a system of channels and cavities with various functions depending on the profile and system. Thanks to the 3D modelling software, it was possible to make a model using methods similar to the real ones that will be used for the extrusion of the profile. This is also the next stage of the profile design feasibility study. The program made it possible to model the interaction between the individual profiles, as well as to model what the interaction with other components would look like in a virtual environment – such as fasteners or corners – and to pre-determine which and how many additional components would be needed to create the individual profile systems:

- components supplied ready-made, adapted from other finished systems – such as corners or connectors from window joinery systems,
- components to be designed and manufactured in collaboration with a sub-supplier, such as hinge covers or a system for connecting the frame to the wall, a corner system, for example.

This stage produced profile designs that were sent to the extrusion plant to verify their feasibility and determine the achievable tolerance zone and estimate the impact of the position of critical nodes in the profile on the finishing layers. Based on the 3D designs and the analyses of the design team, it will also be possible to generate renders in graphical programs, giving an image close to the real one, as well as to draw preliminary drawings that can be used by architects in their designs.

6. STAGE OF CHECKING THE FEASIBILITY OF THE DESIGN

At this stage, the feasibility of the individual profiles was verified with the designers at the aluminium extrusion plant. This entailed verifying that a given profile could be extruded in accordance with the design, that the extrusion process would be optimal and that any system components converged in value with commercially available components. We assumed that it would be necessary to perform a detailed technological analysis of metal meshes, their correlation and cooperation with different types of glass for the preparation of composite glass to continue the project. And the correlation analysis of laminated metal meshes with composite glass and selected hardware for glass systems. Furthermore, this type of research and analysis will allow additional perspective from the Subcontractor's external research team that is valuable to the project. The parameters of the extrusion process and structural changes to the profile shape and the layout of the walls affecting future finish coatings were also taken into account. A joint analysis of the profiles with the extrusion plant gave the opportunity to establish a tolerance zone for the profiles, consistent with the requirements of the interacting components, which was optimal in terms of cost and PIU Design's requirements as well as the capabilities of the extrusion process. In particular, this is important because the subsequent interplay with corner systems, fasteners and seals must be based on the principle of best possible fit, so the tolerance zone must be defined and matched as closely as possible. It must account for the cooperation of the various components – corners and fasteners – the range must be compatible with that of the interacting profiles. However, in the case of the seats for:

- gaskets – the tolerance zone must be such that the gasket will not fall out of its seat during operation, yet will be installed as easily as possible on site by the fitter,
- screw seats to set the position of the profiles in relation to one another, so that the screws, once driven in, are securely fixed and the connection is stable,
- in the case of walls, the tolerance zone must take into account the function of the wall – in the case of the inner wall, being the part responsible for positioning the hardware, the tolerance zone must take into account the least possible narrowing, while in the case of exposed outer walls there must be no deformation.

It was important to take into account that the extrusion process itself takes place within certain tolerances, both for technological capability and for economic rationale – the tolerance cannot be too tight or too low so that the cost of extrusion is reasonable. Hence, cooperation with the extrusion plant at the design stage of each profile will produce the optimum profile design in terms of both the needs of PIU Design and the execution capabilities of the extrusion plant. An appropriate alloy for the profiles was also selected as part of the collaboration with the extrusion plant, which is an alloy dedicated to joinery. The alloy will be heat treated appropriately to improve its mechanical strength properties while taking into account future decorative and protective coatings – such as anodes and powder coatings.

Following the approval of the PIU Glass frame profile drawings with the extrusion plant, the next step involved commissioning 3D prints to verify, analyse and test the appearance of the profiles, their dimensions and parameters under real conditions. The capabilities offered by 3D printing made it possible to analyse the designed profiles in their natural size. This made it possible to analyse a model very close to the real one, as well as showing a preliminary picture in terms of what the profile would look like. After analysing the 3D prints of the designed system components, discussions were held with the Subcontractor to develop the detailed technological analysis of the metal meshes, their correlation and interaction with different types of glass for the preparation of composite glass necessary for the study. Also, the correlation analysis of laminated metal meshes with composite glass and selected hardware for glass systems was conducted as a key element of this interaction. Initial assumptions and analyses were made with the Subcontractor on how the composite glass structure would look. The components to be inserted between the glass panels (meshes of different materials and thickness adjusted so that the insulating glass unit does not exceed the limit thickness) were discussed. A special thermoforming and thermosetting film will be used as the carrier to embed the glass. The complete composition task will be completed in autoclaves, so that the film, together with the mesh and panes, will form a homogeneous connection and composition, and air bubbles will disappear from the voids in the mesh – this will be addressed in the next stages. Also, the number of layers of the film and the thickness of the glass and mesh will be selected following an autoclave composition process, which will give an answer to how the film will distribute. All of these elements seek to give a maximum thickness of composite glass of no more than 10 mm in total, so that it can be freely embedded in the hardware and the boundary slat. Moreover, the Subcontractor will examine the dependency of the composite glass and hardware with regard to increased loading, drilling and cladding of the glass panels with the boundary slat. All these tasks were assumed to be carried out in close cooperation between the Subcontractor and the design team. The tasks of the Subcontractor, as defined as part of the cooperation, will also include the selection of meshes for the appropriate glass colours and thickness, as well as hardware matching in design and colour to the previously selected glass.

7. STAGE PRODUCING PROFILES AND PANES

During this stage, it was possible to check the previously received 3D prints of the profiles, and their interaction with the connecting components. The corner system is the foundation for achieving integration of the profiles of the individual systems into a single unit, as components inserted into specially designed channels in the profiles. The bond formed between the profiles and between the corners is the primary factor responsible for the stability of the door frame. The hardware seats made using 3D printing technology were also checked at this stage.

The stage of the glass sample with different filling components from the first tests on small pieces provided the answer that all 3D profile prints interact with the corner systems as intended, which indicates that future profiles will work and interact with the corner system correctly. A check was carried out to ensure that the hinge and lock seats, as well as the position of the walls of the PIU Glass frame profiles, were as intended – this yielded a positive result, both for the hardware and the gasket. The subsequent stage will be to verify that extruded aluminium profiles will give the same results. It will then be possible to verify the exact dimensions and whether they are within the specified tolerance zone. It will also be possible to verify the interaction of the profiles with each other and

with the corner systems, fastening bolts under as normal conditions and to verify the actual connections and assess their properties. Another major focus will be to be able to test the positioning of the aluminium profiles in the production machines and to develop the actual manufacturing process.

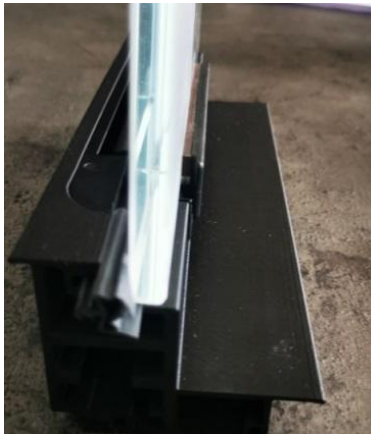
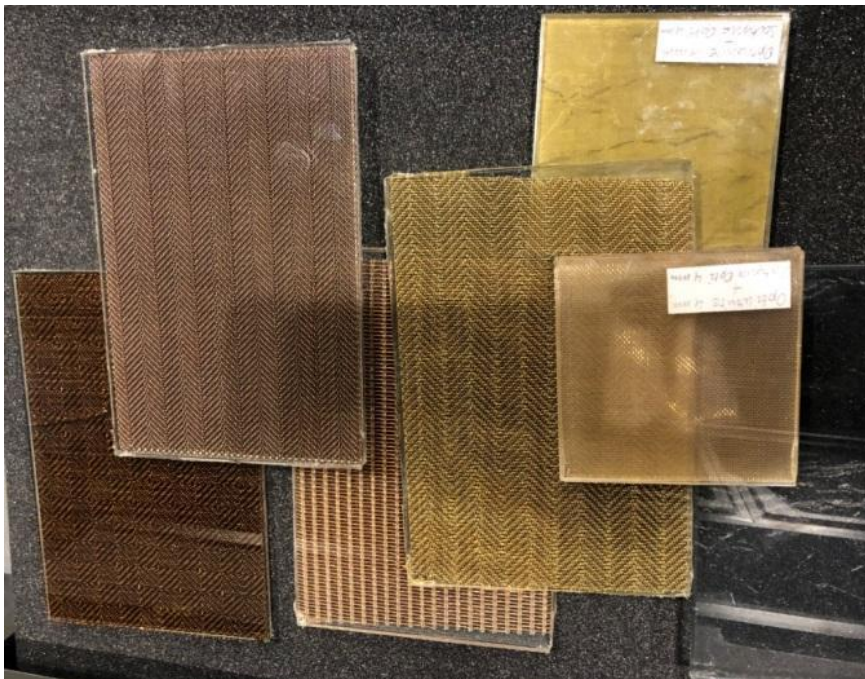


Fig. 1. Photo depicting the hinge hardware embedded in a 3D print of the PIU Glass frame and a sample of the glass fitted into the hardware, the photo also shows the gasket. All components worked as intended. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 1. Zdjęcie przedstawiające okucie zawiasowe osadzone w wydruku 3D ościeżnicy PIU Glass oraz próbkę szyby zamocowaną w okucie, na zdjęciu widać również uszczelkę. Wszystkie elementy zadziałały zgodnie z założeniami. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



Ryc.2. Zdjęcia przedstawiające próbki szkła z różnymi elementami wypełniającymi z pierwszych prób na małych elementach. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

Fig.2. Photos depicting glass samples with different filling components from the first tests on small pieces. Source: Photos from the collection of PIU Design

8. STAGE INVOLVING THE EXTRUSION OF PROFILES AND COMPOSITE GLASS PANELS, VERIFICATION OF THEIR INTERACTION WITH THE OTHER COMPONENTS OF THE SYSTEM

The overall appearance of the profiles and the possible finishes could be explored once the profiles were extruded in the aluminium extrusion plant. During this stage, it was possible to measure all

relevant dimensions presumed after consultation with the extrusion plant and ensure that they were within the presumed ranges of the tolerance zones. Additionally, the actual fit of the aluminium profiles with the interacting components – the corner system, connectors and door hardware (i.e. hinges, locks, striker plates) – was verified. The ways of seating them and whether they work in the appropriate manner as intended were investigated. The initial practical tests of bonding the units of composite and toughened glass panels into the tilting hinge strip were carried out, as were tests of gluing the border strip around the composite and toughened glass panels. The systems of adhesives adopted in earlier assumptions were also verified, and it was verified that they were working as intended. The parameters of the selected adhesives were investigated and verification was carried out as to whether they react with the finishes of the aluminium profiles and do not penetrate the layers of the composite glass. The process of applying the adhesive to the surface of the border strip (for two-component adhesives, a special mixer was used) and positioning the strip with adhesive on the glass.

Table 1. Test results for the adhesives employed to bond the aluminium profile to the glass. Source: PIU Design own study

Adhesive	After 15 minutes	After 6 hours	After 24 hours, detachment attempt	Impact on the laminated layer with mesh	Comments
Lakma glass adhesive	Wet	Set	Set, but tiny movement of the slat on the glass could be felt, the bond remained flexible	No response	Adhesive invisible after bonding
Fix All Crystal (Soudal)	Set, flexible connection	Dry	Set – slat firmly attached to the glass, possible correction after bonding for about 5 minutes	No response	Adhesive invisible after bonding
Paracol Miroseal	Wet	Set	Set – slat firmly attached to the glass, possible correction after bonding for about 7 minutes	No response	Adhesive visible after bonding at a certain angle
SikaFast 555L05 with surface activator	Set	Dry	Set, dry, the slat is fixed rigidly on the glass, very fast setting time	No response	Adhesive invisible after bonding

Based on the test tests performed, for further testing, Fix All Crystal, Paracol Miroseal, Sika Fast adhesives were selected. Regarding the bonding of the glass to the tilting hinge strip, only the SikaFast two-component adhesive will be used from the above adhesives for further testing. It was selected because of the very strong bond that was created when this adhesive dried.

Embedding the sleeve with two-component adhesive in the tilting hinge strip by pressing it in

It was decided that the sleeve would be fixed by pressing in together with a two-component adhesive to ensure a more secure connection. The adhesive employed for the tests is an adhesive that produces a chemical welding effect. During this stage, tests were carried out on the effect of the magnet systems applied in contact with the composite glass and whether the magnet itself causes deformation of some variants of decorative metal meshes placed inside the composite glass. Composite glass panes for the Simonswerk Tectus Teg310 hinge system can have a maximum thickness of 10mm, which results in a glazing unit consisting of a 4mm glass panel, an decorative metal mesh and layers of laminating film up to 2mm thick in total and a 4mm glass panel. Thinner glass panes – 3mm – do not have the appropriate thickness to ensure adequate strength of the composite panel, as tested during the tests. An additional guideline for the lamination process is to adjust the parameters in such a way that all air bubbles disappear during lamination. It is important for the mechanical resistance of the composite glass – there is no spot weakening of the material, which is extremely

important especially where door hardware is installed. For aesthetic reasons, this parameter is also important; the film needs to become transparent in order to fully show the mesh or other infill, without distortion. Therefore, this process is possible and can be carried out in special laminating machines and autoclaves.

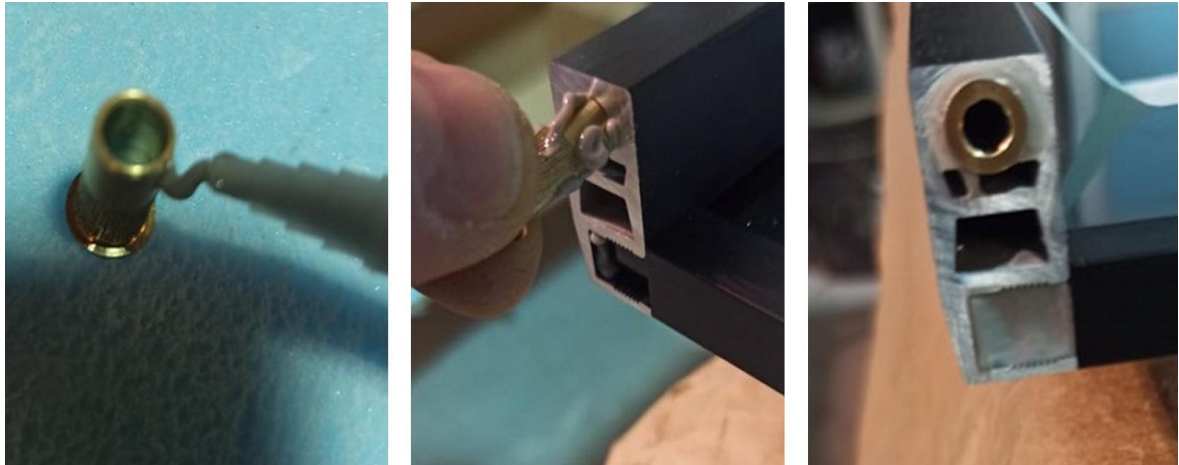


Fig. 3. Embedding the sleeve with two-component adhesive in the tilting hinge strip by pressing it in. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 3. Osadzenie tulei wraz z klejem dwuskładnikowym w listwie zawiasowej uchylnej poprzez jego wciśnięcie. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

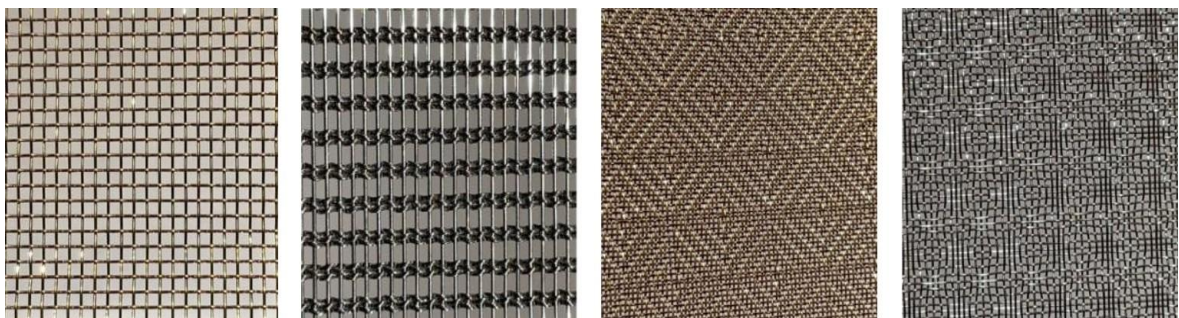


Fig. 4. Photos depicting different types of meshes with different weave placed in glass. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 4. Zdjęcia przedstawiające różne rodzaje siatek, o różnym splocie umieszczone w szklach. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

Machining of the seats in the aluminium profiles (for PIU Glass frame profiles and slats with different finishes)

The machined surfaces are devoid of overheating, uniform, without jaggedness or other irregularities. The finish of the profile is devoid of discolouration – the feed speed of the milling head, its speed and the amount of oil mist used to lubricate and cool the profile during milling are correct. This means that the process parameters are correctly selected in this respect. Subsequently, it was checked that the hardware selected earlier fits into the milled seats and that the fastening screws and rivet nuts are positioned correctly. It was also verified whether the rivet nuts had been set in a way that prevented them from breaking and the fixing screws from rotating in the rivet nut. This may lead to incorrect fixing of the door hardware in the frame profile. Consequently, this could lead to incorrect operation of the leaf and frame set.



Fig. 5. Photos depicting attempts to bond glazing bars onto the glass leaf. Source: Photos from the collection of PIU Design
 Ryc. 5. Zdjęcia przedstawiające próby wklejania listew szprosowych na skrzydle szklanym. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



Fig. 6. Photos depicting the machining of the seats in the aluminium profiles (for PIU Glass frame profiles and slats with different finishes). Source: Photos from the collection of PIU Design
 Ryc. 6. Zdjęcia przedstawiające obróbkę gniazd w profilach aluminiowych (dla profili ościeżnic PIU Glass oraz listew w różnym wykończeniu). Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



Fig. 7. Embedding of the hinge in the PIU Glass frame seat in the inward and outward versions. Source: Photos from the collection of PIU Design
 Ryc. 7. Osadzenie zawiasu w gnieździe ościeżnicy PIU Glass w wersji do środka i na zewnątrz. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

9. STAGE OF PILOT PRODUCTION OF THE SYSTEM, TESTING FUNCTIONALITY AND CORRECT OPERATION

First tests were carried out to assemble all the components of the subsystem into a single unit. The PIU Glass frames were mounted on specially prepared test benches. The door hardware system was subsequently embedded in the frame. The PIU Glass leaf was then hung. This gave the opportunity to verify that the pre-selected dimensions of the technical gaps between the door leaf and the frame had been correctly selected, and the tests proved compliance. The adjustment of the hinges was also verified which was done in accordance with the guidelines of the door hardware manufacturer. The magnetic locking system functioned as intended – the magnet in the barrier plate in the frame retracts the door leaf with the magnetic plate attached to it and the door leaf is pulled into the rebate with the seal in the frame. The sealing system in the frame interacts as intended, with the leaf adhering to the seal over the entire surface.

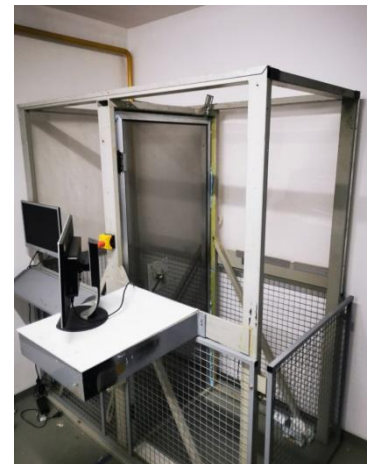


Fig. 8. The PIU Glass frame together with the door leaf on the test bench for testing repeated cyclic opening and closing of the leaf. Static tests showed that the dimensions of the interacting components were in accordance with the design assumptions and within the assumed range. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 8. Ościeżnica PIU Glass wraz ze skrzydłem drzwiowym na stanowisku badawczym do badań wielokrotnego cyklicznego otwierania i zamykania skrzydła. W wyniku testów statycznych stwierdzono, że wymiary elementów współpracujących są zgodne z założeniami projektowymi i mieszczą się w założonym zakresie. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

10. STAGE OF PRODUCING SETS OF PRODUCTS AND PLACING FINISHING AND DECORATIVE ELEMENTS ON THEM

This stage provided the opportunity to examine in detail the various dimensional variants of the system – i.e. leaves and PIU Glass frames in the previously assumed limit dimensions. In the case of the solution based on the tilting hinge strip system with guide sleeve, this is glass with a maximum thickness of 8 mm, while the size of the leaf dimensions is a maximum of 958 mm in width and 2500 mm in height. The parameters were matched with regard to the load-bearing capacity of the tilting hinge strip, the profile length of the hinge strip and the load-bearing capacity of the adhesive bond between the hinge strip and the glass panel leaf. In the case of the solution based on the Simonswerk Tectus Teg310 clamp hinge system, the limit is the weight of the leaf – up to 80kg, the maximum load-bearing capacity of the hinges. Therefore, it is recommended to use 2 hinges for leaves with a maximum width of up to 920 mm and a maximum height of 2100 mm, while beyond these values, a 3rd hinge must be used.

Stages in the creation of the composite pane, in various size variants

The final result is a glass pane with an decorative element (decorative metal mesh) placed in the centre (last photo depicting the pane already placed on the test bench). The effect on the whole system of operating over time was investigated on the multiple opening and closing cycles test bench. The samples were measured (door leaf position relative to the frame, and force required to open the door – organoleptically) before the tests, then, every 1,000 cycles, and the test lasted 10,000 or 20,000 cycles. The 20,000-cycle test was carried out for samples with a limit weight. The tests indicated that the hardware system was selected correctly, with no more than 1 mm variation in the

position of the leaf relative to the frame, indicating that the system was functioning correctly. The assumed weights for the individual systems do not lead to any malfunctions. It was possible at this stage to place the border strip elements, reinforcing the leaf, and to check their function in the form of securing the corners and edges of the leaf. Possible methods of connecting them at the corners of the leaf – angled or straight on – were also examined. The results of the tests show that both methods of connecting the border strips are correct and give adequate edge protection.



Fig. 9. Photos depicting the successive stages in the creation of the composite pane, in various size variants. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 9. Zdjęcia przedstawiające kolejne etapy tworzenia szyby kompozytowej, w różnych wariantach wymiarowych. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



Fig. 10. Photos depicting the connections of the components of the border strip, which covers the edge in the version crimped at a 45-degree angle in the corner. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 10. Zdjęcia przedstawiające połączenia elementów listwy okalającej, która osłania krawędź w wersji zacinananej pod kątem 45st. w narożniku. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



Fig.11. Photos depicting the PIU Glass door leaf on the test bench for testing repeated cyclic opening and closing. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc.11. Zdjęcia przedstawiające skrzydło drzwiowe PIU Glass na stanowisku do badań cyklicznego wielokrotnego otwierania i zamykania. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

Static tests showed that the dimensions of the interacting components were as intended and within the assumed range. Tests for repeated opening and closing of the door leaf showed no displacement, and the assumptions were satisfied. The leaf position was the same at the beginning and end of the test – the deviations were less than 1 mm, which represents a very small value and was only observed in the first phase of the test – a so-called “alignment” effect of the door hardware after adjustment. The attachment of the leaf to the hinge itself did not change throughout the research. The test result was positive.

11. FINISHED PRODUCTS TESTED UNDER REAL CONDITIONS, DEVELOPED CONDITIONS FOR INTRODUCING THE SYSTEM TO PRODUCTION

During this stage, all systems were tested under genuine application conditions. This aimed to test their behaviour, properties and appearance in their final target sites and to assess their performance in their natural location. The stage was intended to finally test and confirm the achievement of the intended outcomes of the designs. The initial assumptions for production and the requirements for implementation were also refined at this stage (in earlier stages, during prototyping, initial assumptions were already made about the processes and settings in the machines, as well as verification was carried out as to whether the shape of the profiles allowed them to be inserted into the machines). During this stage, the products of the various systems were assembled at their target sites:

- Frames with the PIU Glass door leaves embedded in the wall, in a manner that verifies their connection to the wall (both wet – masonry – and dry – e.g. plasterboard – walls), how a given PIU Glass frame model can be integrated with various wall finishes and whether this is in accordance with the intended assumptions;
- The border strip system together with the integrated locking system will be checked for correct operation.
- The degree of light transmittance was tested depending on the type of decorative element placed in the composite glass and depending on the binder used.

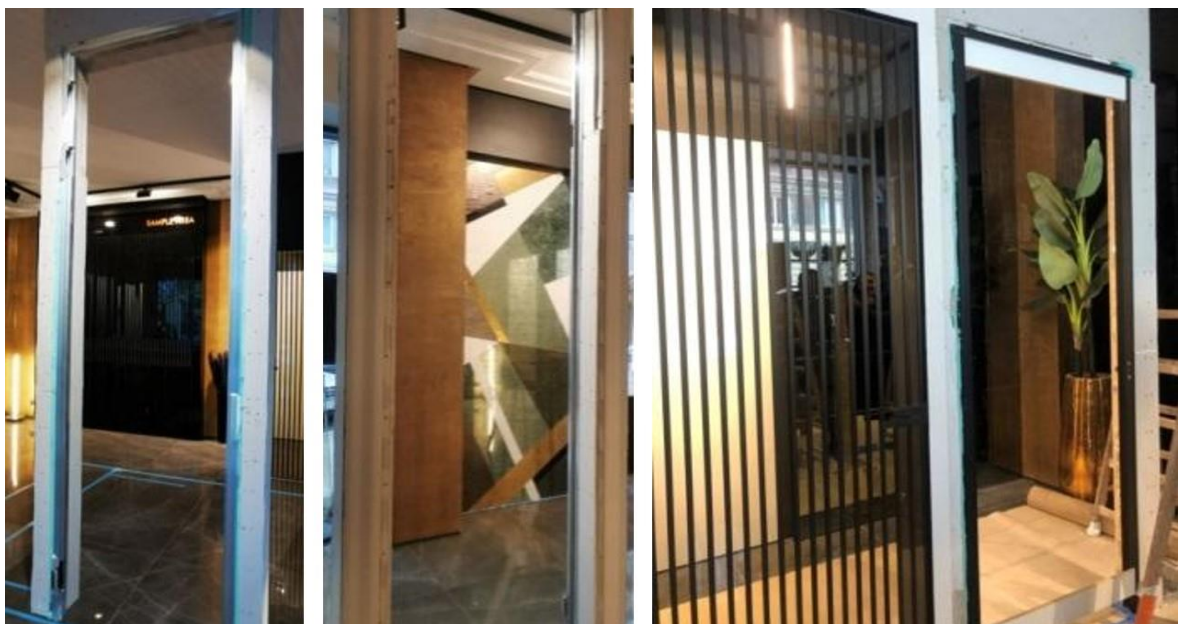


Fig.12. Photos depicting PIU Glass frames at various stages of installation in different wall types. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc.12. Zdjęcia przedstawiające ościeżnice PIU Glass na różnych etapach montażu w różnych rodzajach ścian. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

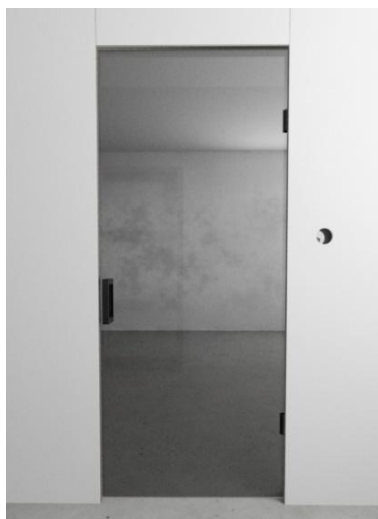


Fig. 13. Photos of a frame and door with the Simonswerk hinge system embedded in a plasterboard wall. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 13. Zdjęcia ościeżnicy i drzwi z systemem zawiasów Simonswerk umieszczonych w ścianie z płyty GK. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

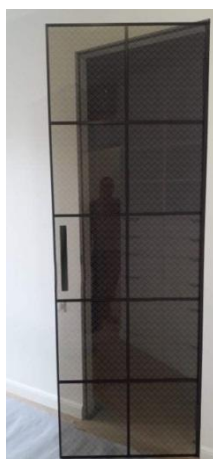


Fig. 14. Photo of a frame and door with the Simonswerk hinge system embedded in a masonry wall. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 14. Zdjęcie ościeżnicy i drzwi z systemem zawiasów Simonswerk umieszczonych w ścianie murowanej. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



Fig. 15. Photos of PIU Glass frames with door leaves installed on a tilting hinge strip in walls with different finishes and glazing bar arrangements. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 15. Zdjęcia ościeżnic PIU Glass ze skrzydłami drzwiowymi umieszczonymi na listwie zawiasowej uchylnej w ścianach z różnymi wykończeniami i układami listew szprosowych. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



Fig. 16. Photo of glass panes placed in a frame made of a strip hinge, as a multi-leaf structure, the tilting hinge strip also functions as an element for the multiplication of glass panels. The component here was inserted in walls with different finishes. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 16. Zdjęcie szymb umieszczonych w ramce wykonanej z zawiasu listwowego, jako konstrukcji wieloskrzydłowej, listwa zawiasowa uchylna spełnia również funkcję, jako element do multiplikacji tafli szklanych. Tutaj element ten został wstawiony w ścianach o różnych wykończeniach. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design

Preliminary assumptions for the introduction into production of the system were developed and requirements for the introduction were developed. It was also possible to make all the seats as predefined locations for the hardware as intended on the CNC machine for machining aluminium, also the profiles themselves showed no tendency to vibrate during machining, which is conducive to its accuracy. The machining fixtures made it possible to clamp the profiles correctly in the CNC machine. The finish coatings placed on the profiles did not become distorted, broken or damaged as a result of the machining, indicating that they were correctly applied, the alloy was correctly selected and the machining parameters were accurate. The basic machining assumptions for the introduction were selected appropriately.

Fig. 17. Photos depicting the machining process of predefined locations for locks and hinges on a CNC machine for machining aluminium, the photos show the machining fixtures that position and clamp the profiles on the pneumatic clamps of the machine. Source: Photos from the collection of PIU Design

Ryc. 17. Zdjęcia przedstawiające proces obróbki przedyspozycji pod zamki i zawiasy na centrum CNC do obróbki aluminium, na zdjęciach widać uchwyty obróbkowe ustalające pozycję i mocujące profile na wgniazdach pneumatycznych ścisków maszyny. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy PIU Design



12. SUMMARY

Numerous development studies were carried out as part of the ongoing project, which resulted in the creation of a new product line, PIU Glass Vitrum. The technological solution designed leverages the company's expertise in aluminium systems and combines it with the glass door system, while eliminating restrictions on height, width, weight and material type. The design process gave rise to a line of modern hinged glass doors, up to 300 cm in height, which allow for a wide range of design possi-

bilities, converging with the company's other aluminium hinged and sliding door systems. This enabled the creation of door systems designed individually for a given project while maintaining standardised production processes utilised on a large scale. The structural material is aluminium, giving low weight with high rigidity and processability by extrusion and with a low carbon footprint.

SYSTEM DRZWI UCHYLNYCH SZKLANYCH, NOWE ROZWIĄZANIA

1. WSTĘP

Fores... in liminibus profanarum aedium ianuae nominantur, Cyceron powiada: Drzwi nazywamy punktami dostępu (ianuae) w progach budynków świeckich. (Siegert, Duham Peters 2012)

Początki drzwi są równie oczywiste jak sama idea domu. Ludzie spotykają się z drzwiami i towarzyszą im one na każdym etapie życia. Jak jest napisane w Wielkim słowniku języka polskiego: *drzwi to ruchoma płyta lub dwie płyty albo inna konstrukcja zamykająca wejście do budynku, pomieszczenia.* Ich funkcja od zawsze miała na celu oddzielenie pomieszczeń, zamknięcie otworu. Początkowo w postaci wielkich drewnianych wrót chroniących przed chłodem, złą pogodą czy nieproszonymi gośćmi. Obecnie bardzo istotny element architektoniczny, który nie tylko zapewnia mieszkańcom spokój, ale również pełni istotną funkcję estetyczną. Najstarsze, zachowane do dnia dzisiejszego dnia, drzwi znalezione w Zurychu, datowane na 5 tysięcy lat p.n.e. zostały odkryte w 2010 roku przez szwajcarskich archeologów i mogą być najstarszym tego typu znaleziskiem na świecie. *Drzwi są bardzo niezwykle ze względu na sposób w jaki deski były trzymane razem. – powiedział Bleicher dla Associated Press. Trudne warunki klimatyczne w tamtym czasie oznaczały, że ludzie musieli budować domy z litego drewna, które chroniłyby przed zimnym wiatrem wiejącym nad Jeziorem Zuryskim, a drzwi by pomogły, powiedział. To sprytny projekt, który nawet dobrze wygląda. Niektórzy mogą powiedzieć, że to tylko drzwi, ale to naprawdę wspaniałe znalezisko, ponieważ pomaga nam lepiej zrozumieć, jak ludzie budowali swoje domy i jaką mieli technologię”* (Jordans 2010). Równie interesujące są znaleziska z terenów starożytnego Sumeru, okolice Nippur, które można dzisiaj oglądać w British Museum, na wystawie kultury starożytnej. W okresie starożytności drzwi swoją funkcję ochronną spełniały w świątyniach, pałacach czy innych monumentalnych budowlach których wejścia chroniły. Wykonywane z solidnych materiałów, tj. kamień, marmur, brąz czy drewno. Największe monumentalne podwójne wrota z brązu zostały wykonane przez Rzymian do Panteonu – mierzą ponad 7 metrów (Britannica 2021). Dopiero w okresie średniowiecza, drzwi zewnętrzne stały się powszechne w domach miejskich. Z tego okresu mamy przykład unikatowego zabytku sztuki romańskiej – Drzwi Gnieźnieńskie, przedstawiające żywot św. Wojciecha. Wykonane zostały ze stopu metali i mierzą ponad 3 metry (Tomaszewska-Szewczyk, Krause 2000). *Przez kolejne stulecia drzwi stawały się obowiązkowym elementem zabudowań mieszkalnych ukazującym status społeczny ich mieszkańców. Drzwi wejściowe i drzwi wewnętrzne zaczęły przybierać różnicowane formy i kształty* (Historia drzwi od drewna do aluminium). Obecnie znaną nam formę drzwi przyjęły na przełomie XIX i XX wieku, aby z początkiem XXI wieku przybrać minimalistyczny, nowoczesny wygląd rodem ze skandynawskiej architektury, z ukrytą ościeżnicą i minimalistycznym skrzydłem dopasowanym do wnętrza.

2. DYSKUSJA

Architekt jest generalistą, a nie specjalistą – dyrygentem orkiestry symfonicznej, a nie wirtuozem grającym bezbłędnie na każdym instrumencie. Będąc praktykiem, architekt koordynuje pracę zespołu fachowców, składającego się z projektantów konstrukcji i instalatorów, projektantów wnętrz,

konsultantów z zakresu prawa budowlanego, architektów krajobrazu, autorów specyfikacji, wykonawców i specjalistów z innych dziedzin. Na ogół interesy niektórych członków zespołu są konkurencyjne w stosunku do interesów pozostałych. Architekt winien dysponować wystarczającą wiedzą na temat każdej z branż, aby móc negocjować i integrować konkurencyjne oczekiwania, przy jednoczesnym poszanowaniu potrzeb klienta i zachowaniu spójności całego projektu. (Frederick 2007)

Niezmienna od wieków funkcja drzwi, jako elementu oddzielającego pomieszczenia, zyskała w ostatnich latach nową funkcję – aspekt wizualno-estetyczny, który cieszy oko. XX wiek przyniósł wiele zmian i rewolucji w konstruowaniu drzwi. Najbardziej rewolucyjnym odkryciem, stały się tzw. Drzwi Marcela Duchamp'a stworzone w 1927 roku, które zmieniły postrzeganie drzwi jako elementu który musi być zamknięty lub otwarty. Koncept Duchampa polegał na tym, by jedne drzwi jednocześnie zamykały i otwierały różne pomieszczenia (zamykając drzwi do łazienki, otwierane były drzwi do sypialni i odwrotnie). Kilka lat później, w 1933, Jean van Heeckeren i Jacques-Henry Lévesque tak o tych drzwiach pisali: *Niemniej Marcel Duchamp odkrył sposób na skonstruowanie drzwi, które są jednocześnie otwarte i zamknięte. Drzwi Duchampa, które mogą być równocześnie otwarte i zamknięte, są w stosunku do przysłowiowego binarnego układu logicznego drzwi zwyczajnie paradoksalne. Otwarcie jednej przestrzeni powoduje automatyczne zamknięcie drugiej. Tym samym paradoksalne drzwi Duchampa są zawsze jednocześnie otwarte i zamknięte. Te drzwi szybko dorobiły się reputacji „dadaistycznej prowokacji, przy czym drzwi nie były w najmniejszym stopniu dysfunkcyjne (Siegert, Duham Peters 2012).*

Na początku XIX wieku podobną rewolucyjną koncepcją stały się drzwi licujące ze ścianą, z ościeżnicą zamontowaną w ścianie. *Zależy mi na tym, aby ludzie mogli w inny sposób spojrzeć na swoje otoczenie. I to dla mnie znaczy sztuka (Lin M.).* Obecnie drzwi ukryte są dostępne na rynku europejskim oraz polskim od kilku lat. Wykonuje się je poprzez połączenie aluminiowej ościeżnicy ze skrzydłem licującym ze ścianą do wykończenia różnymi materiałami. Najczęściej, w formie skrzydła drewnianego, do którego doklejane jest wykończenie dodatkowe skrzydła - takie jak spiek, lustro czy szkło barwione typu Lacobel. Ten sposób powoduje narażenie doklejonego materiału na uszkodzenie. System drzwi PIU Design został zaprojektowany przez wykorzystanie specjalnych profili aluminiowych co pozwoliło na połączenia panelu wykończeniowego drzwi z konstrukcją skrzydła, przy jednoczesnym zabezpieczeniu krawędzi przed uszkodzeniami. Osłonięcie krawędzi materiału elegancką aluminiową ramą daje zarówno efekt funkcjonalny - bezpieczeństwo użytkownika oraz wpływ na prawidłową pracę drzwi, jak i efekt estetyczny - konstrukcja aluminiowa dostępna w kolorach aluminium szrotowanego to ponadczasowy design, który nadaje wnętrzu charakteru. Równie ważny jest detal wykończenia, o czym wiedział już Antonio Gaudi, projektując swoje budynki: *Każdy detal był przemyślany i zaprojektowany z myślą o mieszkańcach domu. Można go przeto traktować jako prekursora architektury prozdrowotnej i ergonomii użytkowej. Doskonałym przykładem mogą być klamki umieszczone w oknach i drzwiach. By móc je otwierać zarówno prawą, jak i lewą dłońią wykonywał odlewy gipsowe dłoni i na ich podstawie projektował klamki (Edbom-Kolarz, Marcinkowski 2014).* Kolejną istotną cechą współczesnych drzwi jest ich wysokość, chociaż historia pokazała mierzzenie ku monumentalizmowi (drzwi i wrota sięgające nawet 7 metrów), współczesne, klasyczne rozwiązania mierzą zaledwie około 2 metrów. W rozwiązaniu systemu aluminiowego PIU Design drzwi rozwieralne, wewnętrzne mogą mierzyć nawet 320 centymetrów wysokości, do optycznie powiększa przestrzeń, pozwala zastosować drzwi do wysokości okien, zgodnie z ideą Bauhausu. *Białe, nieotynkowane ściany, sufity z surowego betonu, stalowe ramy okien i drzwi niewątpliwie nadają wnętrzu modernistyczny charakter (Ludwiczak 2020).* Zależnie od miejsca, w którym są zastosowane drzwi spełniają różne funkcje i nabywają nowych cech. *Człowiek, który wraca przez drzwi w ścianie, nigdy nie będzie do końca taki sam jak ten, który wyszedł. Będzie mądrzejszy, ale mniej pewny, szczęśliwszy, ale mniej zadowolony z samego siebie, pokorniejszy w przyznawaniu się do swojej niewiedzy, ale lepiej wyposażony, aby pojąć związek słów z rzeczami, systematycznego rozumowania z niezgłębioną tajemnicą, którą usiłuje, na zawsze bezskutecznie, pojąć. (Huxley 2019).* *Współczesna rzeczywistość jest różnorodna, jak jej odbiorcy. Wielość postaw, potrzeb, niezliczona ilość wymagań i sposobów postrzegania otaczającego nas świata stoją w sprzeczności z koniecznością unifikacji, powtarzalności, ujednolicenia. Te przeciwstawne potrzeby odnoszą się także do architektury.*

Dotyczą jej twórców, użytkowników i postronnych odbiorców. Rolą nadrzędną wobec tych sprzeczności jest idea projektowa, spajająca różnorodność potrzeb, wymagań i uwarunkowań w jedną spójną architektoniczną przestrzeń (Skaza 2016).

Nowoczesna architektura nie polega na stosowaniu nowych, niedojrzałych materiałów; najważniejsze jest udoskonalenie materiałów w bardziej ludzkim kierunku (Aalto A.). Zastosowanie szkła w drzwiach rozprzestrzenia światło i powiększa przestrzeń. Szkło dodaje delikatności i lekkości wnętrzu w którym zostały wykorzystane. Wedle słów Marka Żarnocha: W ostatnich latach coraz większą popularnością cieszą się drzwi szklane. Odznaczają się one walorami estetycznymi i higienicznymi, stąd projektanci coraz częściej, w szczególności w budynkach użyteczności publicznej, stosują rozwiązania, w których jednym z elementów przegród stałych są drzwi szklane. (...) Za drzwi szklane uważa się takie, których skrzydła - z wyjątkiem okuć, ewentualnie innych akcesoriów, są wykonane całkowicie z tafli szklanych (szyb pojedynczych - jednolitych lub warstwowych klejonych, bądź z szyb zespolonych). Szkło w takich skrzydłach jest materiałem konstrukcyjnym. Drzwi szklane mogą mieć ościeżnice (wykonane najczęściej z kształowników aluminiowych) (Żarnoch 2006).

3. MATERIAŁY I METODY

Założenia do projektowanego systemu drzwi szklanych z zawiasem ukrytym PIU Glass zostały przygotowane na podstawie badania i analizy istniejącego rynku polskiego oraz rynku europejskiego. Analizy zostały przygotowane pod kątem istniejących już na rynku rozwiązań, a także na bazie istniejących potrzeb rynkowych możliwych do zapełnienia. Szczególnie istotne dla badań rynkowych okazały się spotkania bezpośrednie oraz spotkania online z Architektami, Projektantami oraz odbiorcami finalnymi - Inwestorami. Podczas tych spotkań, dzięki wieloletniemu doświadczeniu firmy, możliwe było zweryfikowanie istniejących możliwości względem tego jakie oczekiwania wobec drzwi szklanych mają ich odbiorcy. Na tej bazie opracowany został koncept nowego systemu drzwi szklanych, posiadających ościeżnicę aluminiową, ukrytą w ścianie oraz skrzydło szklane. Analiza potrzeb grup docelowych pozwoliła określić główne parametry, które nowe drzwi szklane powinny spełniać. Następne etapy, materiały oraz metody badawcze zostały opisane w dalszej części.

4. ETAP OKREŚLENIA PODSTAWOWYCH ZAŁOŻEŃ CELÓW PROJEKTU

W trakcie tego etapu określono podstawowe wymagania dotyczące poszczególnych systemów:

- Systemu drzwi ze szkła kompozytowego oraz szkła hartowanego połączonych z profilem listwy uchylnej z trzpieniem prowadzącym, czyli systemu skrzydła drzwiowego osadzonego w ościeżnicy aluminiowej zlicowanej ze ścianą, gdzie samo skrzydło będzie zbudowane z szyby, jako elementu nośnego połączonego przy pomocy klejów z listwą uchylną z trzpieniem prowadzącym;
- Parametrów grubości tafli szklanej ze szkła hartowanego i kompozytowego, która będzie mogła być umieszczona w profilu listwowym, będącym wynikiem użytej listwy zawiasowej oraz listwy okalającej szybę, jak również przy uwzględnieniu możliwości użycia systemu zawiasów montowanych do szkła, dodatkowa wytyczną będzie proces powstawania szkła kompozytowego oraz dobór jego poszczególnych warstw;
- Zintegrowanego systemu zamykania skrzydła drzwiowego, opartego na systemie magnesów ukrytych zarówno w skrzydle jak i ościeżnicy, system ten będzie utworzony poprzez adaptację, jak również modyfikacje istniejących rozwiązań, które będą dobrane u poddostawców, jak również, jeśli nie zostanie znalezione odpowiednie rozwiązanie zostanie stworzony nowy system;
- Możliwości realizacji połączenia tafli szkła z profilem, co będzie przedmiotem analizy kolejnych etapów projektu, poprzez dobór substancji klejowych oraz testów zależnych od użytego rodzaju szkła – hartowanego i kompozytowego oraz poprzez dobór odpowiednich okuć, spełniających założenia dotyczące grubości szkła, masy szkła, integralności z systemami ościeżnicowymi stworzonymi w kolejnych etapach projektu;

- Materiałów, które mogą być umieszczone w szkłe kompozytowym, co będzie wynikiem badań w kolejnych etapach projektu i będzie zależne od użytego lepiszcze i materiału wsadowego wypełniającego szkło;
- Systemu trzpienia oraz jego mocowania do ościeżnicy i profilu listwowego, który będzie musiał spełniać kryteria odpowiedniej nośności (dla szkła kompozytowego i hartowanego, zależnie od jego grubości i wagi), współpracy z okuciem;
- Systemu ościeżnic dla wersji otwieranie przez ościeżnicę i do ościeżnicy, stworzonych z uwzględnieniem założonych mas szkła dla wymiarów granicznych wraz z lepiszczem, dobranych w kolejnych etapach projektu;
- Profilu nośnego dla układu wieloskrzydłowego oraz założeń, co do połączenia poszczególnych segmentów jak i co do ilości segmentów, który to zostanie stworzonych poprzez analizę, jaki układ wieloskrzydłowy powstanie (będzie to wynikiem badań w kolejnych etapach, zależne od stworzonego lub dobrego systemu okuć oraz ościeżnic, z uwzględnieniem masy skrzydeł).

5. ETAP PROJEKTU KOMPUTEROWEGO ELEMENTÓW SYSTEMU

Podstawowe założenia projektów zostały przeniesione do specjalistycznego programu 3D. Takie rozwiązanie umożliwiło dokładne narysowanie i zamodelowanie każdego elementów systemu. Program ten dał możliwość uzyskania przekroju, co pozwoliło na dokładne zamodelowanie wraz z jego częścią wewnętrzną. Oprogramowanie do modelowania 3D umożliwiło również stworzenie gniazda pod mocowania danego okucia – nitonakrętki: z kołnierzem czy bez lub gwintowania, umożliwia to również zaprojektowanie odpowiedniej ściany, w której mocowanie okucia zostanie wykonane w sposób optymalny – co wiąże się z odpowiednią grubością ściany, ale również musi uwzględniać późniejszy sposób osadzenia nitonakrętki poprzez odpowiednie narzędzie lub też grubość ścianki musi zapewnić odpowiednią ilość zwojów i długość czynną gwintu by zapewnić odpowiednie zamocowanie okucia. Przewagą projektowania w 3D jest to, że pozwala na wcześniejsze dostrzeżenie problemu i jego wyeliminowanie, które mogą powstać po wytłoczeniu profilu. Dzięki temu proces jest wydajniejszy i szybszy – w rezultacie tańszy, bo eliminuje błędy i problemy, które mogą powstać na etapie projektu a nie prototypu. Program dał również możliwość uzyskania przekroju przez dowolną płaszczyznę czy też ścianę modelu, co pozwoliło na dokładne zamodelowanie profilu wraz z jego częścią wewnętrzną – systemowi kanałów i komór mających różne funkcje w zależności od profilu i systemu. Dzięki oprogramowaniu modelowania 3D możliwe było wykonanie modelu używając metod podobnych do rzeczywistych, które zostaną wykorzystane przy wytłoczeniu profilu. Jest to również kolejny etap analizy wykonalności projektu profilu. Program umożliwił zamodelowanie współpracy pomiędzy poszczególnymi profilami, jak również zamodelowanie jak będzie wyglądać współpraca z innymi komponentami w wirtualnym środowisku – takimi jak łączniki, czy narożniki oraz możliwe było określenie wstępne, jakie i ile elementów dodatkowych będzie potrzebnych do stworzenia poszczególnych systemów profili:

- elementy, które będą dostarczane w formie gotowych, zaadaptowanych z innych systemów gotowych – takie jak narożniki czy łączniki z systemów stolarki okiennej,
- elementy, które będą wymagały zaprojektowania i wytworzenia we współpracy z poddostawcą, będą to na przykład elementy typu osłony do zawiasów, czy też system łączników ościeżnicy ze ścianą, system narożników.

Rezultatem tego etapu były projekty profili, które zostały wysłane do tłoczni celu weryfikacji ich wykonalności oraz określenia pola tolerancji, możliwej do wykonania i oszacowania wpływu położenia krytycznych węzłów w profilu na warstwy wykończeniowe. Na podstawie projektów 3D oraz analiz zespołu projektowego możliwe będzie również wykonania renderingów w programach graficznych, dających obraz zbliżony do rzeczywistego, jak również umożliwi wykonanie wstępnych rysunków możliwych do użycia przez architektów w projektach

6. ETAP SPRAWDZENIA WYKONALNOŚCI PROJEKTU

Podczas tego etapu wraz z konstruktorami z tłoczni aluminium sprawdzona została wykonalność poszczególnych profili. Polegało to na zweryfikowaniu czy dany profil da się wytłoczyć zgodnie z projektem, czy proces tłoczenia będzie optymalny oraz czy jakieś elementy systemu mają wartości zbieżne z elementami dostępnymi rynkowo. Przyjęte zostało, że niezbędne do dalszej realizacji projektu będzie wykonanie szczegółowej analizy technologicznej siatek metalowych, ich korelacji oraz współpracy z różnymi rodzajami szkła do przygotowania szkła kompozytowego. A także analiza korelacji laminowanych siatek metalowych ze szkłem kompozytowym a wybranymi okuciami do systemów szklanych. Ponadto tego typu badania i analizy pozwolą na dodatkowe, cenne dla realizacji projektu, spojrzenie zewnętrznego zespołu badawczego Podwykonawcy. Uwzględniono również parametry procesu tłoczenia i zmiany konstrukcyjne kształtu profilu oraz układu ścianek mające wpływ na przyszłe powłoki wykończeniowe. Wspólna analiza profili wraz z tłoczną dała możliwość ustalenia pola tolerancji dla profili, zgodnych z wymaganiami współpracujących elementów, optymalnego z punktu widzenia kosztów i wymagań firmy PIU Design jak i ze względu na możliwości procesu tłoczenia. Jest to o tyle istotne, że późniejsza współpraca z systemami narożników, łączników, uszczelek musi się odbywać na zasadzie jak najlepszego dopasowania, w związku z czym pole tolerancji musi być jak najlepiej określone i dopasowane. Musi ono uwzględniać współpracę różnych elementów – narożników i łączników – zakres musi być zgodny z zakresem profili współpracujących. Natomiast dla gniazd dla:

- uszczelek – pole tolerancji musi być na tyle dobrane, by uszczelka podczas pracy nie wypadła ze swojego gniazda, ale jednocześnie była w możliwie łatwy sposób instalowana na budowie przez montażystę,
- gniazd pod wkręty ustalające pozycję profili względem siebie, tak, aby wkręty po wkręceniu były zamocowane pewnie, a połączenie było stabilne,
- dla ścianek pole tolerancji musi uwzględniać ich funkcję – dla wewnętrznej ścianki będącej elementem odpowiedzialnym za osadzenie okuć, pole musi uwzględniać jak najmniejsze możliwe jej przewężenie, natomiast dla ścianek zewnętrznych eksponowanych nie może być mowy o ich zniekształceniu.

Należało uwzględnić, że sam proces tłoczenia odbywa się w zakresie określonych tolerancji, zarówno ze względu na możliwości technologiczne jak i na ekonomiczne uzasadnienie – tolerancja nie może być zbyt wąska lub zbyt niska, by koszt wytłoczenia był racjonalny. Stąd też współpraca z tłoczną na etapie projektu każdego z profili da optymalny projekt profilu zarówno pod względem potrzeb PIU Design jak i możliwości wykonawczych tłoczni. W ramach współpracy z tłoczną został również dobrany odpowiedni stop dla profili, który jest stopem dedykowanym dla stolarki otworowej. Stop ten poddawany będzie odpowiednim obróbkom cieplnym, które polepszą jego właściwości w zakresie wytrzymałości mechanicznej przy uwzględnieniu przyszłych powłok ozdobno-ochronnych – takich jak anody i lakiery proszkowe.

Kolejnym etapem po zatwierdzeniu rysunków profili ościeżnic PIU Glass z tłoczną było zlecenie wykonania wydruków 3D dla sprawdzenia, przeanalizowania oraz zbadania w warunkach rzeczywistych wyglądu profili, ich wymiarów i parametrów. Dzięki możliwościom, jakie daje wydruk 3D możliwe było przeanalizowanie zaprojektowanych profili w ich naturalnych rozmiarach. Dało to możliwość analizy modelu bardzo zbliżonego do rzeczywistego, jak również pokazało wstępny obraz, co do wyglądu profilu. Po dokonaniu analiz wykonanych wydruków 3D zaprojektowanych elementów systemu podjęto rozmowy z Podwykonawcą w celu opracowania niezbędnej do badań szczegółowej analizy technologicznej siatek metalowych, ich korelacji oraz współpracy z różnymi rodzajami szkła do przygotowania szkła kompozytowego. Także analiza korelacji laminowanych siatek metalowych ze szkłem kompozytowym a wybranymi okuciami do systemów szklanych została jako kluczowy element tej współpracy. Wraz z Podwykonawcą przeprowadzono wstępne założenia i analizy jak będzie wyglądała konstrukcja szkła kompozytowego. Omówiono, jakie elementy będą umieszczone między taflami szkła (siatki z różnych materiałów i grubości dostosowanych tak by zespolona szyba nie przekroczyła grubości granicznej). Jako nośnik, w którym będzie zatopiona szyba, będzie użyta specjalna folia termoodkształcalna i termoutwardzalna. Całe zadanie zespolenia będzie realizowane w auto-

klawach, by folia wraz z siatką i szybami utworzyły jednorodne połączenie i zespolenie, a z przestrzeni w siatce zniknęły pęcherze powietrza – to będzie przedmiotem następnych etapów. Również ilość warstw folii oraz grubość szkła i siatek będzie dobierana w wyniku procesu zespolenia w autoklawie, który da odpowiedź jak folia się rozdystrybuuje. Wszystkie te elementy mają na celu dać grubość maksymalną szkła kompozytowego łącznie nieprzekraczającą 10mm, tak by swobodnie można było osadzić ją w okuciach oraz listwie okalającej. Ponadto Podwykonawca dokona badania zależności szkła kompozytowego i okuć pod kątem zwiększonego obciążenia, otworowania oraz obkładania tafli szklanych listwą okalającą. Przyjęto, że wszystkie te zadania będą prowadzone w ścisłej współpracy Podwykonawcy z zespołem projektowym. Do określonych we współpracy zadań Podwykonawcy będzie również należało dobranie siatek do odpowiednich kolorów i grubości szkła, a także dopasowanych wzorniczo i kolorystycznie okuć do szkła, które zostały wcześniej wybrane.

7. ETAP SPRAWDZENIA OTRZYMANYCH PROFILI I SZYB

Na tym etapie możliwe było sprawdzenie otrzymanych wcześniej wydruków 3D profili, i ich współpraca z elementami łącznikowymi. System narożników jest podstawą do uzyskania zespolenia profili poszczególnych systemów w jedną całość, jako elementy umieszczone w specjalnie do tego przeznaczonych kanałach w profilach. Wiązania powstałe pomiędzy profilami oraz pomiędzy narożnikami są podstawowym elementem odpowiadającym za stabilność ościeżnicy. Na tym etapie zostały również sprawdzone gniazda pod okucia wykonane dzięki technologii wydruków 3D.

Etap próbeki szkła z różnymi elementami wypełniającymi z pierwszych prób na małych elementach dał odpowiedź, że wszystkie wydruki profili 3D współpracują w połączeniu z systemami narożników zgodnie z założeniami, co wskazuje, że przyszłe profile będą działały i współpracowały z systemem narożników prawidłowo. Sprawdzone gniazda zawiasowe oraz zamkowe, a także położenie ścianek profili ościeżnic PIU Glass jest zgodne z założeniami – dało to wynik pozytywny, zarówno dla okuć, jak i uszczelki. Następnym etapem będzie sprawdzenie czy wytłaczane profile aluminiowe dadzą takie same rezultaty. Będzie można wtedy sprawdzić dokładne wymiary oraz to czy mieszczą się one w założonym polu tolerancji. Będzie można również sprawdzić współpracę profili ze sobą oraz systemami narożników, śrub połączeniowych w warunkach takich jak normalne i zweryfikować rzeczywiste połączenia oraz ocenić ich właściwości. Kolejną ważną rzeczą będzie możliwość przebadania ustawienia profili aluminiowych w maszynach produkcyjnych oraz opracowanie rzeczywistej technologii wytwarzania.

8. ETAP TŁOCZENIA PROFILI I SZYB, WERYFIKACJA ICH WSPÓŁPRACY Z POZOSTAŁYMI ELEMENTAMI SYSTEMU

Po wytłoczeniu profili w tłoczni aluminium, możliwe było sprawdzenie ogólnego wyglądu profili i możliwości ich wykończeń. Na tym etapie możliwe było zmierzenie wszystkich istotnych wymiarów założonych po konsultacjach z tłocznia i czy zawierają się w założonych zakresach pól tolerancji. Ponadto zostało zweryfikowane rzeczywiste dopasowanie profili aluminiowych z elementami współpracującymi – systemem narożników, łączników oraz okuć drzwiowych (tj. zawiasów, zamków, blach zaczepowych). Zbadano sposoby ich osadzenia oraz czy działają w prawidłowy, zgodny z założeniami sposób. Przeprowadzono pierwsze rzeczywiste próby wklejenia zespołów szyb kompozytowych oraz szyb hartowanych w listwę zawiasową uchylną oraz próby przyklejenia listwy okalającej wokół tafli szklanych kompozytowych oraz hartowanych. Zweryfikowano także systemy klei, które zostały przyjęte we wcześniejszych założeniach oraz sprawdzenie czy działają zgodnie z założeniami. Zbadane zostały parametry wybranych klejów oraz weryfikacja czy nie wchodzi w reakcję z wykończeniami profili aluminiowych i czy nie wnikają w warstwę szkła kompozytowego. Proces nakładania kleju na powierzchnię listwy okalającej (dla klei dwuskładnikowych użyto specjalnego mieszadełka) oraz umieszczania listwy z klejem na szkłe.

Tab. 1. Wyniki badań klejów użytych do połączenia profilu aluminiowego z szybą. Źródło: Badania własne firmy PIU Design

Klej	Po 15 minutach	Po 6 godzinach	24 godziny próba rozłączenia	Wpływ na warstwę laminowaną z siatką	Uwagi
Lakma klej do szkła	Mokry	Związany	Związany, ale wyczuwało się drobny ruch listwy na szybie, wiązanie pozostało elastyczne	Brak reakcji	Klej niewidoczny po wklejeniu
Fix All Crystal (Soudal)	Związany, elastyczne połączenie	Suchy	Związany - listwa pewnie osadzona na szybie, możliwość korekcji po wklejeniu przez około 5 minut	Brak reakcji	Klej niewidoczny po wklejeniu
Paracol Miroseal	Mokry	Związany	Związany - listwa pewnie osadzona na szybie, możliwość korekcji po wklejeniu przez około 7 minut	Brak reakcji	Klej widoczny po wklejeniu pod pewnym kątem
SikaFast 555L05 z aktywatorem powierzchni	Związany	Suchy	Związany, suchy, listwa sztywno osadzona na szybie, bardzo szybki czas wiązania	Brak reakcji	Klej niewidoczny po wklejeniu

Na bazie wykonanych prób badawczych do dalszych badań wybrano kleje Fix All Crystal, Paracol Miroseal, Sika Fast. Jeśli chodzi o wklejenie szyby do listwy zawiasowej uchylnej to z powyższych klejów do dalszych badań będzie używany tylko klej dwukomponentowy SikaFast. Został on wybrany ze względu na bardzo silne wiązanie, które zostało utworzone po wyschnięciu tego kleju.

Osadzenie tulei wraz z klejem dwuskładnikowym w listwie zawiasowej uchylnej poprzez jego wciśnięcie

Zdecydowano, że tuleja będzie mocowana poprzez wciśnięcie razem z klejem dwuskładnikowym w celu zapewnienia pewniejszego połączenia. Klej użyty do testów jest klejem, który zapewnia efekt spawania chemicznego. Na tym etapie zostały przeprowadzone badania pod kątem wpływu zastosowanych systemów magnesowych w kontakcie ze szkłem kompozytowym oraz czy sam magnes nie powoduje odkształceń niektórych wariantów siatek metalowych, ozdobnych umieszczonych wewnątrz szkła kompozytowego. Szyby kompozytowe do systemu zawiasów Simonswerk Tectus Teg310 mogą mieć grubość maksymalnie 10mm, co powoduje, że szyba może się składać z pakietu tafli szklanej 4mm, siatki metalowej dekoracyjnej i warstw folii laminującej o grubości do 2mm łącznie oraz tafli szklanej 4mm. Szyby cieńsze - 3mm nie mają odpowiedniej grubości zapewniającej odpowiednią wytrzymałość szyby kompozytowej, co zostało przetestowane w trakcie badań. Dodatkową wytyczną dla procesu laminacji jest takie dobranie parametrów aby podczas laminacji zniknęły wszystkie pęcherze powietrza. Jest to istotne ze względu na odporność mechaniczną szkła kompozytowego - nie ma miejscowego osłabienia materiału, co jest niezwykle istotne zwłaszcza w miejscu montażu okuć drzwiowych. Ten parametr jest ważny również ze względu na walory estetyczne – folia musi stać się transparentna aby w pełni ukazać siatkę czy też inne wypełnienie, bez zniekształceń. Dlatego proces ten jest możliwy jest to do przeprowadzenia w specjalnych maszynach do laminacji i autoklawach.

Obróbka gniazd w profilach aluminiowych (dla profili ościeżnic PIU Glass oraz listew w różnym wykończeniu)

Obrobione powierzchnie są bez przegrzań, jednorodne, bez schodków czy innych nierówności. Wykończenie profilu nie wykazuje odbarwień – prędkość posuwu freza, jego obroty oraz ilość mgły olejowej służącej do smarowania i chłodzenia profilu podczas frezowania jest prawidłowa. Oznacza to, że parametry procesu zostały pod tym względem prawidłowo dobrane. Następnie zostało sprawdzone czy wybrane na wcześniejszym etapie okucia mieszczą się w wyfrezowanych gniazdach oraz czy śruby mocujące wraz z nitonakrętkami są wykonane we właściwych miejscach. Sprawdzone również czy nitonakrętki zostały osadzone w sposób zapobiegający ich zerwaniu i obracaniu się śrub

mocujących w nitonakrętce. Może to prowadzić do nieprawidłowego zamocowania okucia drzwiowego w profilu ościeżnicy. W konsekwencji może to prowadzić do nieprawidłowej pracy zespołu skrzydła z ościeżnicą.

9. ETAP PILOTAŻOWEGO WYKONANIA CAŁOŚCI SYSTEMU, BADANIE FUNKCJONALNOŚCI I PRAWIDŁOWOŚCI DZIAŁANIA

Przeprowadzono pierwsze próby złożenia wszystkich elementów podsystemu w jedną całość. Ościeżnice PIU Glass zamontowano w specjalnie przygotowanych stanowiskach badawczych. Następnie w ościeżnicy został osadzony system okuć drzwiowych. Następnie zawieszono skrzydło PIU Glass. Dało to możliwość sprawdzenia czy wcześniej dobrane wymiary szczelin technicznych pomiędzy skrzydłem drzwiowym, a ościeżnicą zostały właściwie dobrane – testy wykazały zgodność. Sprawdzone również regulację zawiasów, która została przeprowadzona zgodnie z wytycznymi producenta okuć drzwiowych. System zamknięcia magnetycznego zadziałał zgodnie z założeniami – magnes w blasze zapornicowej w ościeżnicy dociąga skrzydło drzwiowe z zamocowaną na nim blachą magnetyczną i skrzydło drzwiowe zostaje dociągnięte do wrębu z uszczelką w ościeżnicy. System uszczelek w ościeżnicy współpracuje zgodnie z założeniami, skrzydło przylega do uszczelki na całej powierzchni.

10. ETAP WYKONANIA ZESPOŁÓW PRODUKTÓW I UMIESZCZENIA NA NICH ELEMENTÓW WYKOŃCZENIOWO-OZDOBNYCH

Ten etap pozwolił na szczegółowe zbadanie różnych wariantów wymiarowych systemu – to jest skrzydeł oraz ościeżnic PIU Glass we wcześniej założonych wymiarach granicznych. Dla rozwiązania opartego o system listwy zawiasowej uchylnej z tuleją prowadzącą jest to szyba o grubości maksymalnie 8mm, natomiast wielkość wymiarów skrzydła maksymalnie szerokość 958mm oraz wysokość 2500mm. Parametry te zostały dobrane z uwagi na nośność listwy zawiasowej uchylnej, długość profilu listwy zawiasowej oraz nośności połączenia klejowego pomiędzy listwą zawiasową, a skrzydłem wykonanym ze szklanej tafli. W przypadku rozwiązania opartego o system zawiasów zaciskowych Simonswerk Tectus Teg310 limitem jest waga skrzydła – do 80kg, maksymalna nośność zawiasów. Dlatego też zaleca się stosować 2 zawiasy do skrzydeł o szerokości maksymalnej do 920mm oraz wysokości maksymalnej 2100mm, natomiast powyżej tych wartości musi być zastosowany 3-ci zawias.

Etapy tworzenia szyby kompozytowej, w różnych wariantach wymiarowych

Efektym finalnym jest szyba z umieszczonym elementem ozdobnym (siatką metalową dekoracyjną) w środku (ostatnie zdjęcie przedstawiające szybę umieszczoną już na stanowisku testowym). Na stanowisku do badania wielokrotnych cykli otwierania i zamykania zbadano wpływ, jaki wywiera na cały system działanie w czasie. Próbkę zmierzono (pozycje skrzydła względem ościeżnicy, oraz siłę potrzebną do otwarcia drzwi – organoleptycznie) przed testami, następnie, co 1000 cykli, a badanie trwało 10.000 lub 20.000 cykli. Gdzie badanie 20.000 cykli było przeprowadzone dla próbek o masie granicznej. Badania pokazały, że system okuć został dobrany prawidłowo, nie nastąpiły większe niż 1mm zmiany w położeniu skrzydła względem ościeżnicy, co wskazuje na poprawność działania systemu. Założone masy dla poszczególnych systemów nie powodują nieprawidłowości w działaniu systemu. Na tym etapie możliwe było umieszczenie elementów listew okalających, wzmacniających skrzydło i sprawdzenie ich funkcji w postaci zabezpieczenia narożników i krawędzi skrzydła. Sprawdzono również możliwe sposoby ich łączenia w narożach skrzydła – kątowe czy na wprost. W wyniku przeprowadzonych badań wynika, że oba sposoby łączenia listew okalających są prawidłowe i dają należyłą ochronę krawędzi.

W wyniku testów statycznych stwierdzono, że wymiary elementów współpracujących są zgodne z założeniami i mieszczą się w założonym zakresie. Badania na wielokrotne otwieranie i zamykanie skrzydła drzwiowego nie wykazały przemieszczeń, założenia zostały spełnione. Pozycja skrzydła była taka sama na początku i końcu badania – odchylenia były poniżej 1mm, co jest wartością bardzo niewielką i zostało zaobserwowane tylko w pierwszej fazie testu – jest to tzw. efekt *ułożenia się* okuć

drzwiowych po regulacji. Samo mocowanie skrzydła w zawiasie nie zmieniło się przez cały czas trwania badania. Wynik badania pozytywny.

11. GOTOWE PRODUKTY SPRAWDZONE W WARUNKACH RZECZYWISTYCH, OPRACOWANIE WARUNKÓW WDROŻENIA SYSTEMU DO PRODUKCJI

Na tym etapie zostały sprawdzone wszystkie systemy w rzeczywistych warunkach zastosowania. Celem tego było sprawdzenie ich zachowania, właściwości oraz wyglądu w miejscach docelowego przeznaczenia oraz oceny ich użytkowania w ich naturalnym miejscu. Etap miał na celu ostateczne sprawdzenie i potwierdzenie osiągnięcia zakładanych efektów projektów. Na tym etapie zostały również dopracowane wstępne założenia do produkcji oraz wymagania do wdrożenia (we wcześniejszych etapach podczas wykonywania prototypów były już wykonywane wstępne założenia procesów oraz ustawień w maszynach, jak również sprawdzenie czy kształt profili umożliwi ich umieszczenia w maszynach). Na tym etapie produkty poszczególnych systemów były montowane w miejscach przeznaczenia:

- Ościeżnice wraz ze skrzydłami drzwiowymi PIU Glass osadzone w ścianie, w sposób sprawdzający ich połączenie ze ścianą (zarówno ścian w zabudowie mokrej – murowanych, jak i w zabudowie suchej – np. płyt kartonowo gipsowych), jak dany model ościeżnicy PIU Glass może być zabudowany różnymi wykończeniami ścian i czy jest to zgodne z przyjętymi założeniami;
- System listew okalających wraz ze zintegrowanym systemem zamkowym będzie sprawdzony pod kątem prawidłowości działania;
- Sprawdzono stopień przepuszczalności światła w zależności od rodzaju umieszczonego elementu ozdobnego w szkle kompozytowym oraz w zależności od zastosowanego lepiszcza.

Opracowano wstępne założenia do wdrożenia do produkcji systemu oraz opracowane wymagania, co do realizacji wdrożenia. Udało się również wykonać wszystkie gniazda, jako predyspozycje pod okucia zgodnie z założeniami na maszynie CNC do obróbki aluminium, również same profile nie wykazały tendencji do wibrowania w trakcie obróbki, co sprzyja jej dokładności. Uchwyty obróbkowe dały możliwość prawidłowego zamocowania profili na centrum CNC. Powłoki wykończeniowe umieszczone na profilach nie ulegały zniekształceniu, zerwaniu czy uszkodzeniu w wyniku obróbki, co wskazuje na prawidłowy sposób doboru ich naniesienia, właściwie dobrany stop oraz prawidłowe parametry obróbek. Podstawowe założenia obróbcze do wdrożenia zostały dobrane poprawnie.

12. PODSUMOWANIE

W ramach prowadzonego projektu przeprowadzone zostały liczne badania rozwojowe, w wyniku których stworzono nową linię produktową – PIU Glass Vitrum. Zaprojektowane rozwiązanie technologiczne wykorzystuje doświadczenie firmy w systemach aluminiowych i łączy je z systemem drzwi szklanych, jednocześnie likwidując ograniczenia co do wysokości, szerokości, ciężaru oraz rodzaju materiału. Powstała w ramach procesu projektowego linia nowoczesnych drzwi rozwieranych szklanych, o wysokości do 300cm, które umożliwiają szerokie możliwości aranżacyjne, zbieżne z pozostałymi systemami drzwi aluminiowych rozwieranych i przesuwanych firmy. W ten sposób możliwe było stworzenie systemów drzwi projektowanych indywidualnie pod dany projekt przy zachowaniu standaryzacji procesów produkcyjnych, wykorzystywanych na szeroką skalę. Materiał konstrukcyjny aluminiowy, dający niską masę przy jednoczesnej wysokiej sztywności i przetwarzalności, poprzez tłoczenie z niskim śladem węglowym.

REFERENCES

- Aalto A., *Alvar Aalto Quotes*. <https://www.alvaraalto.fi/>, dostęp/access: 2022-01-09
- Britannica, *The Editors of Encyclopaedia*. "door". *Encyclopedia Britannica*, 22 Dec. 2021; <https://www.britannica.com/technology/door>, dostęp/access 2022-01-09
- Edbom-Kolarz A. Marcinkowski J. T. (2014) *Gaudí – geniusz architektury prozdrowotnej i prekursor ergonomii*; pp. 373-375; ISSN 1509-1945; *Hygeia Public Health* 49(2). Wyd. Oficyna Wydawnicza MA; <http://www.h-ph.pl/pdf/hyg-2014/hyg-2014-2-373.pdf>, dostęp/access 2022-01-09;
- Frederick M. (2006), *101 Things I Learned in Architecture School*, ISBN 9780262062664 (ISBN10: 0262062666). Wyd. Mit Press. https://www.goodreads.com/book/show/1958355.101_Things_I_Learned_in_Architecture_School dostęp/access 2022-01-09
- Garcarek M. Kołodziej – Gajowy S. (2022). Tilt and sliding door system, new solutions / System drzwi uchylnych i przesuwanych, nowe rozwiązania. *Space & form / Przestrzeń i forma* no 49. Wyd. PAN oddział w Gdańsku. DOI: 10.21005/pif.2022.49.B-02
- Historia drzwi od drewna do aluminium, <https://bramaroku.pl/drzwi-zewnetrzne-od-drewna-do-aluminium-i-karbonu-drzwi-hormann-dla-twojego-bezpiecznego-domu/>, dostęp/access 2022-01-09
- Huxley A., (2019) *The Doors of Perception*, ISBN 9783965370098; OTB eBook publishing; <https://www.goodreads.com/book/show/3188964-the-doors-of-perception>, dostęp/access: 2022-01-09
- Jordans F. (2010) *Swiss archaeologists find 5,000-year-old door*, Archived from the original on November 8, 2010 – via The Boston Globe; https://web.archive.org/web/20101108222716/http://www.boston.com/news/world/europe/articles/2010/10/20/swiss_archaeologists_find_5000_year_old_door/ dostęp/access 2022-01-09
- Lin M., *Maya Lin Quotes*, https://aartii.org/pdf/Q_Maya-Lin-Quotes.pdf dostęp/access 2022-01-09
- Ludwiczak B. (2020), *Nowe stare perspektywy Bauhausu. Recenzja z nowych muzeów niemieckiej uczelni w Weimarze i Dessau*. Pp. 127-135; PL ISSN 1896-4133; Quart Nr 1(55)/2020; Wyd. Quarterly of Art History at the University of Wrocław. DOI: <https://doi.org/10.11588/quart.2020.1> dostęp/access 2022-01-09
- Siegert B., Durham Peters J. (2012) *Doors: On the Materiality of the Symbolic*. Pp. 6-23. Online ISSN 1536-0105; Grey Room nr (47)/2012. Wyd. Grey Room Inc. and the Massachusetts Institute of Technology doi: https://doi.org/10.1162/GREY_a_00067, dostęp/access 2022-01-09
- Skaza M., *O potrzebie różnorodności w architekturze mieszkaniowej*. Pp. 89-100; ISSN 2544-6630; *Przestrzeń Urbanistyka Architektura* Volume 1, 2016. <https://www.ejournals.eu/PUA/2016/Volume-1/art/9530/> dostęp/access 2022-01-09
- Tomaszewska-Szewczyk A., Krause J. (2000). *Romańskie drzwi brązowe z Katedry Wniebowzięcia Marii Panny i św. Wojciecha w Gnieźnie - problematyka technologiczno-warsztatowa i konserwatorska*. Pp. 22-33; ISSN 1234-5210; *Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki* nr 1(40)/2000. Wydawnictwo Konserwatorów Dzieł Sztuki, Firma Zajączkowska-Kłoda sp.z o.o. https://www.researchgate.net/publication/272087530_Romanskie_drzwi_brązowe_z_Katedry_Wniebowzięcia_Marii_Panny_i_sw_Wojciecha_w_Gnieźnie_-_problematyka_techonologiczno-warsztatowa_i_konserwatorska dostęp/access: 2023-01-17
- Wielki Słownik Języka Polskiego*, definicja „drzwi”, Wyd. Instytut Języka Polskiego Polskiej Akademii Nauk <https://wsjp.pl/haslo/podglad/4088/drzwi/2848198/ruchome-zamkniecie>, dostęp/access 2022-01-09
- Żarnoch M. *Drzwi szklane - doświadczenia z badań*. Pp.28-42; ISSN: 1426-5494; *Świat Szkła*, nr 6 (98), 2016. Available at: <https://www.swiat-szkla.pl/kontakt/1686-drzwi-szklane-doswiadczenia-z-badan.html>, dostęp/access: 2023-01-09

AUTHOR'S NOTE

The authors participated in the process of creating new products of the PIU Design system. They are experienced in developing products from the concept stage, prototyping, the final stage of the final product, all the way through to market launch. And they have experience in the design and selection of components and materials necessary for the product manufacturing process. Both authors have been professionally engaged in the architecture and interior design market for many years.

O AUTORKACH

Autorki uczestniczyły w procesie tworzenia nowych produktów systemu PIU Design. Posiadają doświadczenie w tworzeniu produktów od etapu pomysłu, przez prototypowanie, do ostatniego etapu produktu finalnego do wdrożenia na rynku. Posiadają doświadczenie w projektowaniu i doborze podzespołów oraz materiałów niezbędnych w procesie produkcyjnym produktu. Obie autorki od wielu lat zawodowo związane z rynkiem architektury i wyposażenia wnętrz.

Contact | Kontakt: dorota.warychmitas@piudesign.eu; a.wloszczynska@piudesign.eu