



DOI: 10.21005/pif.2022.49.B-02

TILT AND SLIDING DOOR SYSTEM, NEW SOLUTIONS

SYSTEM DRZWI UCHYLNÝCH I PRZESUWNYCH, NOWE ROZWIĄZANIA

Sylwia Kołodziej – Gajowy

Inż.

Author's Orcid number: 0000-0003-4633-157X

Magdalena Garcarek

Mgr inż.

Author's Orcid number: 0000-0001-9339-1669

Firma Zeromur Mitas sp.j.
Szczecin / Poland

ABSTRACT

The aim of the research was to develop and implement both on the domestic and international market the compact system technology, i.e. a system of tilt and sliding doors inside the premises with replaceable finishing panels with skirting and perimeter strips. As a result of these studies, new technological solutions were created in relation to traditional doors, eliminating limitations as to height, width, weight and type of finishing material on the door and integrated skirting boards. The research was carried out according to the TRL scheme - technological readiness levels.

Key words: hidden sliding aluminum door, flush skirting boards, doors with a hidden aluminum frame.

STRESZCZENIE

Celem badań było opracowanie oraz wdrożenie na rynek krajowy oraz międzynarodowy technologii kompakt system, czyli systemu drzwi uchylnych i przesuwanych wewnątrzlokalowych z wymiennymi panelami wykończeniowymi wraz z listwami przypodłogowymi i obwodowymi. W wyniku tych badań powstały nowe rozwiązania technologiczne w stosunku do drzwi tradycyjnych likwidujące ograniczenia, co do wysokości, szerokości, ciężaru i rodzaju materiału wykończeniowego na drzwiach oraz zintegrowanych listew przypodłogowych. Badania zostały przeprowadzone według schematu TRL – poziomów gotowości technologicznej.

Słowa kluczowe: drzwi ukryte przesuwne aluminiowe, listwy przypodłogowe zlicowane, drzwi z ukrytą aluminiową ościeżnicą.

1. INTRODUCTION

The door is an element that is so obvious and has been accompanying us for such a long time that we do not bother to wonder where it came from, let alone what was its idea. A door functions as an object that we physically touch or move our eyes through, and it is a limitation that we can physically walk through. (Doors, 2014) Doors themselves have origins in the ancient world. The first records were found in Egypt, containing instructions for creating a decorative door to the temple. At that time, the gates were made of uniform wood, most often oak, olive, cypress or cedar. The choice of material and technique of execution depended on the atmosphere of the place. It was strongly believed then that through the door you can get to the world of spirits and the decorations referred to this theme. The oldest known door is on display at the British Museum in London, it comes from Mesopotamia and dates back to 2,000 BC. The early doors, used throughout Mesopotamia and the ancient world, were merely leathers or fabrics. Parallel to the monumental architecture, doors made of rigid, durable materials appeared. The doors to important chambers were often made of stone or bronze. Wooden doors were undoubtedly the most common in antiquity. Archaeological and literary evidence points to its occurrence in Egypt and Mesopotamia. According to Pompeian murals and preserved fragments, contemporary doors looked very much like modern wood-panel doors; they were constructed of stiles (vertical beams) and rails (horizontal beams) fixed together to support the panels and sometimes with locks and hinges. This Roman type of door was adopted in Islamic countries. In China, a wooden door usually consisted of two panels, the lower one being a solid one and the upper one being a wooden grating covered with paper. The typical western medieval door consisted of vertical planks supported by horizontal or diagonal stiffeners. It was reinforced with long iron hinges and nailed afterwards. The panel effect was simplified until single hollow core doors became the most popular in the 20th century. (Britannica, 2008) So you can see how the doors have changed over the centuries from a simple form, through very complicated monumental doors to temples or important rooms, to evolve to doors with a structure similar to the one used today - based on a frame with fillings.

2. DISCUSSION

The door is about to open and you can experience a different world upon entering. Since a different world begins when we open a book, the door is a limitation at the beginning of another world. A door whose front and back are completely different. The size, color and material on both sides are so different that I think I have entered a completely different world. Dr. Jekyll and Mr. Hyde are the same person, but they look completely different. Similarly, a door to another world is the mantle of another world that is different. (Doors, 2014)

For years, doors have been used to separate spaces between rooms. However, they have always been an element added to the wall - you can see it on the door frame trims. The system of doors flush with the wall, sliding doors with removable panels with integrated skirting boards is a novelty on the market. Flush / hidden doors are already available on the European market, but these are models for your own finish or in specific collections. Flush / hidden doors are made by connecting a hidden frame with a wooden leaf, to the structure of which a finish is glued - it is an element added to the leaf, which results in the lack of protection of the edge of the finish - lacobel glass, mirrors or sinters and exposes it to irreversible damage. The Zeromur system for both swing and sliding doors, due to the use of specially designed aluminum profiles, allows the door panel to be integrated with the sash and the edge of the finish is covered with an elegant aluminum frame, which also has a huge impact on the work, the door and its weight. This design allows the door to be finished with different materials on both sides of the door leaf. In the words of Georg Simamel, the door is a connecting and dividing "pivot point" that goes beyond the contrast between inside and outside, even surpassing the expressiveness of the partition wall itself: "Exactly or because it can be opened, it provides, when closed, a stronger sense of restraint. to everything outside the room compared to the usual undivided wall. The latter is silent and the door speaks." (Janson A., Tigges F., 2014) A very important aspect is the height of the door - classic solutions are just over 2 meters long, high interiors are more and more popular - tenement houses, loft apartments. In the Zeromur system, the door can be up to 3 meters high, which adds elegance to the interior, optically enlarges

the interior of the room and coherently completes the arrangement in large rooms, especially in places where high windows are used. The door in the wall has the effect of being a kind of placeholder for the person entering or leaving. This correspondence tempts us to play with our gesture, for example being the particularly tall, narrow doors found in official buildings that give visitors a sense of importance and elevation, while we are used to doors to grow in proportion to the user's height. (Janson A., Tigges F., 2014) Thus the possibility of virtually any door finish, give you architectural freedom. Even in architecture, doors play a leading role: they are a secondary, instrumental element - when compared to the complexity of architecture - and yet they are the first thing people encounter when entering a building: through the door one can enter other "worlds". (Ricco. G., 2020) Depending on their function, place where they are used, they have different characteristics and different requirements are imposed on them - the ZEROMUR system door, thanks to its unique design, is to meet these tasks.

3. MATERIALS AND METHODS

The basic assumptions for individual systems have been defined by analysis of the domestic and foreign market in terms of available finishing solutions. The research was conducted in the form of direct interviews, in particular in the field of door system solutions with the target group - final recipients - individual users, designers, architects and designers. The interviews took place over 3 years, through numerous meetings with architects, designers at fairs, in offices or online conversations (training, presentations or discussing the needs of specific projects), during which functional and architectural needs were discussed. door. Years of presence on the door market also made it possible, through contact with individual users, to get to know their needs and expectations towards the door, their current possibilities and what is expected. By analysis and carefully listening to the needs and ideas of the target groups, the form decided to introduce a series of new products that take them into account. The remaining materials and research methods are described in the following chapters.

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

During this stage, the basic requirements for each system were defined.

The entire system was divided into subsystems and in individual subsystems analyzes of the existing solutions were carried out and the scope and assumptions were determined by groups.

- For the door and frame system within the systems, the basic parameters are:
 - Flush with the wall in which they are installed,
 - Providing space in the leaf and the frame enabling the installation of heavy 8 mm thick finishing panels both on the leaf and the frame,
 - Selection of appropriate door hardware ensuring appropriate load-bearing capacity and durability of operation,
 - Development of a system for joining aluminum profiles by using chemical welding, which provides a durable and rigid connection of individual system components,
 - Development of a system of integration with the wall and finishing placed on the wall,
 - Cooperation with the system of skirting boards integrated with the wall, enabling their installation in the frame by developing the appropriate shape of the profile of the skirting board so that the finish can be placed in it,
 - Possibility of any interior arrangement based on commonly available finishing materials such as wall paints, wallpapers and photo wallpapers,
- For a system of skirting boards flush with the wall, the basic parameters are:
 - Cooperation with the door frame system in a way that creates a uniform wall surface and the possibility of finishing with the same material as the door leaf,
 - Development of two profiles enabling installation in various types of walls - dry (cardboard - gypsum) and wet (brick technology - traditional),

- Possibility to install various thicknesses of finishes, possibility to install various types of finishes - such as on the wall and on the sash,
- For sliding systems - a sliding door system based on a hidden sliding system, where the sash can be finished with any material and where the sash is made of aluminum profiles, which create a support frame for the glass that protects the corners of the glass, the basic parameters are:
 - The space in the sash allows for the installation of 6mm thick panels on the sash and the space in the sash for the installation of 6 - 8mm glass in the sash,
 - Selection of appropriate door fittings - selection of the load-bearing system in the form of a system of trolleys ensuring gentle and durable operation of the system, taking into account the weight of the sash, both during opening and closing - where a tightening system and smooth slow-down of the sash movement and fittings will be necessary enabling easy assembly and disassembly of the sash and allowing for vertical adjustment of the sash.

5. STAGE OF THE COMPUTER DESIGN OF ZEROMUR KOMPAKT SYSTEM PROFILES

The basic parameters of the project were transferred to a specialized 3D program, allowing for accurate drawing and modeling of each profile with all the details. This program made it possible to model sockets for fittings and their initial selection at the profile design stage, thanks to which their seating is optimal, because the profile design will be adapted to a specific fitting. Such a system also made it possible to model the fastening element for a given fitting, it also enables the design of an appropriate wall thickness in which the fastening will be placed optimally. The 3D design at such moments gives the advantage that it eliminates the problems that may arise after extrusion of the profile - thanks to this, the process is more efficient and faster - as a result, cheaper, because it eliminates errors and problems that may arise at the design stage and not at the prototype stage. Thanks to the wide base of materials, the SolidWorks program made it possible to analyze the profile weight - such an analysis was carried out for each of the profiles - it gives a very similar result to the real one, which allows you to estimate the cost of the material needed to manufacture a given element. The program enabled modeling of cooperation between individual profiles, as well as modeling how cooperation with other components in a virtual environment will look like - such as connectors or corners.

The result of this stage were profile designs, which were sent to the pressing plant to verify their feasibility and to determine the tolerance field that could be made and to estimate the impact of the location of the critical nodes in the profile on the finishing layers.

6. STAGE OF VERIFICATION OF THE PROJECT PROFILES FEASIBILITY FOR THE PROJECT IMPLEMENTATION, 3D PRINTINGS FOR THE ACTUAL ANALYSIS AND INTRODUCTION OF MODIFICATIONS, PRELIMINARY PARAMETERS FOR THE PROCESS OF PROFILE PROCESSING

At this stage, the feasibility of individual profiles was checked together with the subcontractor - i.e. verification whether a given profile can be extruded in accordance with the design. Through joint analysis, it was possible to determine the tolerance range for the profiles, in line with the requirements of the cooperating elements, the needs of the Zeromur company, and the possibility of the stamping process. This is important because the subsequent cooperation with the systems of corners, connectors and gaskets must be based on the principle of the best fit, therefore the tolerance field must be defined as well as possible. Also, the pressing process takes place within the specified tolerances, both for technological possibilities and economic reasons - the tolerance cannot be too narrow for the cost of pressing to be rational. An alloy was selected for the joinery, but it was subjected to appropriate heat treatments that improve its properties in terms of mechanical strength, taking into account future decorative and protective coatings - such as anodes and powder varnishes. Analysis of critical points that may arise in the embossing process, also at this stage it is possible to initially check how the finishing coats can behave and, if necessary, make correc-

tions in the profile that will minimize or eliminate defects in the exposed surfaces of the profile at the embossing stage. Additionally, thanks to the 3D printing of profiles, it was possible to analyze the profile in its natural size. This enabled the analysis of a model very close to the real one. This provided a preliminary picture of the profile's appearance, but also made it possible to initially check whether the holders in the machines are appropriate and whether it will be necessary to make new ones. Together with the team, the topic of possible setup and mounting in the machine was pre-analyzed.

7. STAGE RESULTING IN THE RECEIPT OF PROFILES AS BASIC INTERMEDIATE PRODUCTS FOR THE SYSTEM

At this stage, thanks to the previously obtained 3D prints of the profiles, it was possible to check their cooperation with the connecting and corner elements. It is the basis for achieving a combination of profiles of individual systems into one whole. The bonds that will be created between the profiles and between the elements that connect them have a huge impact on the future operation of the entire system. 3D prints of the profiles made it possible to check whether the computer project gave the desired result and whether the previously selected connection systems were appropriate. At this stage, real attempts to cooperate between profiles and connecting elements were possible. Such a process was much faster and more accurate, in addition, it is much more economical, because the cost of printing and the time to obtain it is many times shorter than the production of the first prototypes on aluminum profiles, where the possibilities of modification in the molds are very limited and expensive (they require the production of new dies). All prints of 3D profiles cooperated in connections with each other, in connection with the systems of corners and connectors as intended.

8. STAGE IN WHICH PROFILES WERE PRESSED AND THEIR COOPERATION WITH OTHER COMPONENTS OF THE SYSTEM WERE VERIFIED, THE FIRST PROTOTYPES WERE DONE – PROFILES WERE RECEIVED AS THE BASIC SYSTEM FOR THE INTERMEDIATE PRODUCT

After analyzing the 3D prints of the profiles and their cooperation in the previous stage, the order and extrusion of the profiles from the subcontractor took place. At this stage, it was possible to check whether the dimensions of the profiles were consistent with those assumed in the designs. For each of the profiles, the measurements showed that all profiles were within the assumed tolerance. Then it was checked whether the profiles placed in special processing holders, after being cut, "come together" as intended after being folded. Then, it was verified whether the machining holders in the CNC machine correctly set the machined profile and whether there were vibrations during machining, which have a significant impact on the quality of the processed surface. Vibrations during machining also cause accelerated wear of tools and the machine itself. In addition, a lot of noise is generated and the energy needed to make the sockets increases. Hence, the machining of sockets is carried out gradually, rough machining - where a large amount of material is collected in one pass of a larger diameter milling cutter (e.g. with a 12 mm diameter milling cutter), and then finishing with a thinner milling cutter (e.g. 5 mm diameter milling cutter) is already below 0.5mm of the wall. The influence of the treatment process on the profile finish was also examined - whether the anodized and powder-coated surface does not discolor during the process - a positive result, the selected parameters do not affect the anodized and powder-coated surface. Next, it was checked whether the fittings fit in the milled sockets and whether the fixing screws with rivet nuts are set in the right places, and whether the rivet nuts are seated in a way that prevents them from breaking and the fixing screws in the rivet nut cannot rotate - which may lead to improper fixing fittings in the profile, which may lead to incorrect operation of the sash assembly with the frame. At this stage, the cooperation of profiles with connecting elements was also checked - for frames with corners, for sashes with corners, transverse profiles and connectors.

The assumption of the stage has been met, the profiles of each of the systems correspond to the design and 3D prints. Profiles also work with the systems of connectors, corners, covers, handles and screws as intended. The profiles were also tested with various types of coatings - varnished,

anodized and raw - for later finishing after mounting in the wall, the milling parameters and the selected alloy mean that there is no visible effect of treatments on the type of finish - there are no local overheating, discoloration or chipping.

9. PILOT STAGE EXECUTION OF A FULL SET OF INDIVIDUAL SYSTEMS TOGETHER WITH THEIR COMBINATION INTO ONE COOPERATING ENTIRE AND WITH TESTING THE FUNCTIONALITY AND CORRECTNESS OF OPERATION.

At this stage, the cooperation of the profiles was checked by submitting individual groups of profiles in a given subsystem. Each of the subsystem elements has been tested for ease of assembly and cooperation with all subsystem elements - fastener systems. The process of chemical welding of profiles was also verified by combining the profiles with the systems of corners and connectors as well as the two-component adhesive that is the binder in this process. The system of corners and crossbars made of wood-based materials worked as intended, the profiles connected with each other by means of corners and crossbars ensure a rigid connection of the profiles with each other. The channels in the profiles were designed and made in accordance with the assumptions, the connection systems worked in accordance with the assumptions of the project. The next step was to carry out chemical welding tests using various previously selected two-component adhesives for aluminum. Two-component adhesives were used during the tests:

- Cosmofen WS Duo
- SikaFast 3121
- AcraLock
- Wurth

The test consisted of applying a layer of glue in the profile channel and then placing the connecting element (corner and connecting element) in it and folding it with the second profile. Then, after 15 minutes, it was checked that the adhesive had formed a preliminary bond, and then, after 4 hours, the degree of drying was checked. After 24 hours, the connections were checked - an attempt was made to separate the profiles. The results obtained are presented in the table below.

Table 1. Test results of adhesives used for chemical welding of aluminum Source: Own research

Adhesive	After 15 minutes	4 hours	24 hours attempt to separate
Cosmofen WS Duo	wet	wet	bound, but profiles separation was successful – after separation attempts not fully dried up inside the profiles for 3 out of 4 samples
SikaFast 3121	bound	dry	bound – all of the profiles were destroyed during separation attempt
AcraLock	bound	dry	bound – all of the profiles were destroyed during separation attempt
Wurth	dry	bound	bound, but profiles separation was successful – after separation attempts not fully dried up inside the profiles for 2 out of 4 samples

Based on the results of the test in terms of operating time, drying time and bond strength - by the test to separate the parts, the adhesives qualified for further research and testing were AcraLock and SikaFast 3121. AcraLock adhesive was used for further tests.

The system of corners and connectors together with the two-component adhesive for chemical welding worked as intended, the profiles connected with each other by means of corners, connect-

ors and crossbars ensure a rigid connection of the profiles with each other. The profiles, as assemblies, already meet the functional assumptions - the process of joining them for the assumed variants has been checked and tested for various variants of profile finishes.

10. STAGE OF MANUFACTURING PRODUCT SETS AND PLACING ON THEM FINISHING AND DECORATIVE ELEMENTS

At this stage, tests were carried out on the combination of finishing materials with elements of door structures and skirting boards. Attempts were made to connect with the use of various adhesives, a system of magnetic tapes, and an attempt was made to select a system of connectors to connect the panel with the finishing material with the leaf profiles. The tests of the connection with the use of magnetic strips failed due to the insufficient force of the magnets, which was not able to hold the finishing boards on the door leaf, in addition, this solution was not resistant to multiple closing and opening of the door - the finishing boards detached from the door leaf. Another analyzed fastening element were technical Velcro - the method of their attachment to the board surface with the use of double-sided tape did not ensure adequate adhesion force on the glued surface, the Velcro itself was very sensitive to dirt and the strength of the connection between the Velcro was too small to hold the finishing board on the sash door. Due to the relatively small space between the finishing panels and the door leaf - 2-4mm, it was not possible to find other solutions that mechanically fix the finishing panels on the door.

Tests of mounting adhesives from companies such as:

- Soudal (FixAll Turbo, FixAll Crystal, Soudaseal 260 and 280)
- Bostik (Mamut)
- Lakma (glass adhesive)
- Parabond (fast series, 600, 800)

As a result of the research on the relationship between the holding force of the finishing panels, the possibility of correct positioning of the panel on the door leaf and its distribution, the best results were obtained with adhesives:

- Lakma - for Lacobel glass and mirrors
- DL Chemicals Parabond 600 series
- Soudal (FixAll Turbo, Soudaseal 260 i 280)

The cooperation between the sashes and the frame has been verified. A study was carried out in terms of matching the sash from the sub-supplier and consisting of system profiles to the frame for both the inward and outward opening version. In this test, it was checked whether the gaps on the sides and at the top of the wing comply with the guidelines - they were between 2-4mm, and that the bottom gap between the wing and the floor was within the range of 6-9mm. The position of the hinge sockets as well as the sockets for the locks and the strike plate of the lock between the leaf and the frame was checked by repeatedly opening and closing the door assembly. All the tests were positive.

The system of skirting boards has been checked in terms of the possibility of embedding in them finishing materials coherent with finishing materials of other systems - as the skirting board is a complementary element) polymer glass plates, acrylic plates, ceramic sinters, laminates, fillings made of aluminum materials, underlay materials to future finishes - plaster, painting with wall paint - all these materials were embedded with mounting adhesives previously tested on the door leaves.

Also, machining processes for frames and sashes in other dimensional variants were carried out, where no errors were found in relation to the design assumptions and problems resulting from the cutting and milling processes themselves - the processes selected on NC and CNC machines gave results in accordance with the assumptions. It is presented in the photos below.



Fig. 1. Photo with a dark veneer veneer board finish (with a layer of protective foil), for a batten without a tongue, no distance was required for this material. Source: Photos from the archives of the Zeromur company

Ryc.1. Zdjęcie z wykończeniem z płyty fenirowanej ciemnym fenirowaniem (z warstwą folii ochronnej), dla listwy bez wypustu nie był wymagany dystans dla tego materiału. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy Zeromur



Figure 2. Photos of door frames and leaves at different stages of finishing, with different finishing materials, while verifying the possibility of manufacturing in various extreme and intermediate dimensions. Source: Photos from the archives of the Zeromur company

Ryc.2. Zdjęcia ościeżnic i skrzydeł drzwiowych na różnym etapie wykończenia, z różnymi materiałami wykończeniowymi podczas weryfikacji możliwości wytworzenia w różnych skrajnych i pośrednich wymiarach. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy Zeromur

11. STAGE PRESENTING READY, FULLY FUNCTIONAL PRODUCTS, BUILT AND TESTED IN REAL CONDITIONS

At this stage, all systems were checked under real application conditions. This was to check their behaviour, properties and appearance in the places of their intended use and use. This stage was aimed at final verification and confirmation of the achievement of the assumed effects of the projects - the products of individual systems were assembled in the places of destination:

- The door frames and the door leaves have been embedded in the wall in a way that allows them to be connected to the wall (both wet walls - masonry and dry walls - e.g. plasterboards),

- System of skirting boards - they have been embedded in the wall, in a way that checks their connection with the wall, cooperation between the skirting board and the frame,
- The finishing elements are placed in the strip to form a line with the wall,
- Sliding door system - embedded in the ceiling and on the wall, it was checked whether the leaves slide with a minimum force, regardless of the weight of the finish, and whether the slowing system with the support rail meets the assumptions for fully finished door leaves.

The results of the research are presented in the pictures below.



Figure 3. Photos showing the assembly of the door frames in the walls finished with drywall boards - gypsum-cardboard and wood-based boards. different finishes Source: Photos from the archives of the Zeromur company.

Ryc.3. Zdjęcia przedstawiające montaż osadzenie ościeżnic w ścianach wykończonych płytami z zabudowy suchej – gips – karton i drewnopochodnymi. różnych wykończeniach Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy Zeromur

12. SUMMARY

The ZEROMUR company has carried out a series of studies aimed at creating a line of new products in line with the requirements of the target group. As a result of this research, new technological solutions were created in relation to traditional doors, eliminating limitations as to the height, width, weight and type of finishing material on the door and integrated skirting boards. The result is a line of modern hinged and sliding doors that allow a very wide arrangement using many available finishing materials, also in line with the wall finish - starting with doors painted with wall paint, covered with wallpaper, through doors covered with various types of laminates, sintered plates large-format quartz, glass - mirrors, lacobel or translucent glass and many others.

This approach made it possible to obtain individualized door systems made to measure for a given user with the use of aluminum technology, used on a large scale, as a construction material, giving low weight, high stiffness and is a highly processable material obtained by pressing with a low carbon footprint.

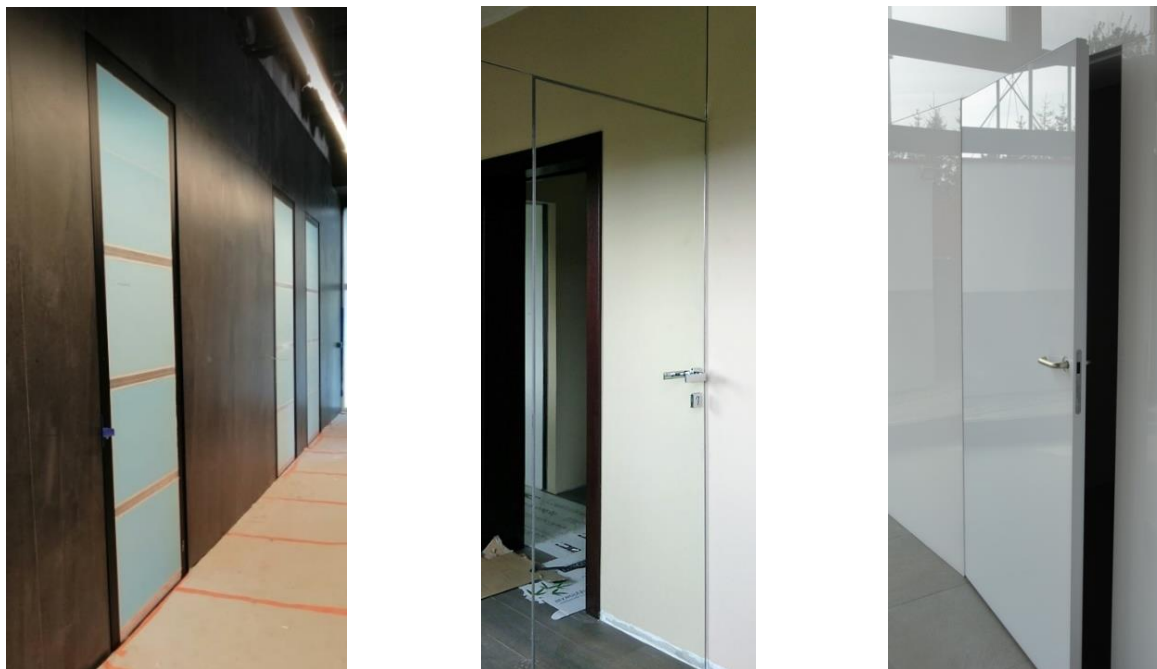


Figure 4. Photos showing frames and doors with different finishes - also coinciding with the wall and with flush-fitting skirting boards. Source: Photos from the archives of the Zeromur company.

Ryc.4. Zdjęcia przedstawiające ościeżnice i drzwi z różnymi wykończeniami – również zbieżnymi ze ścianą oraz z listwami przypodłogowymi zlicowanymi. Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy Zeromur

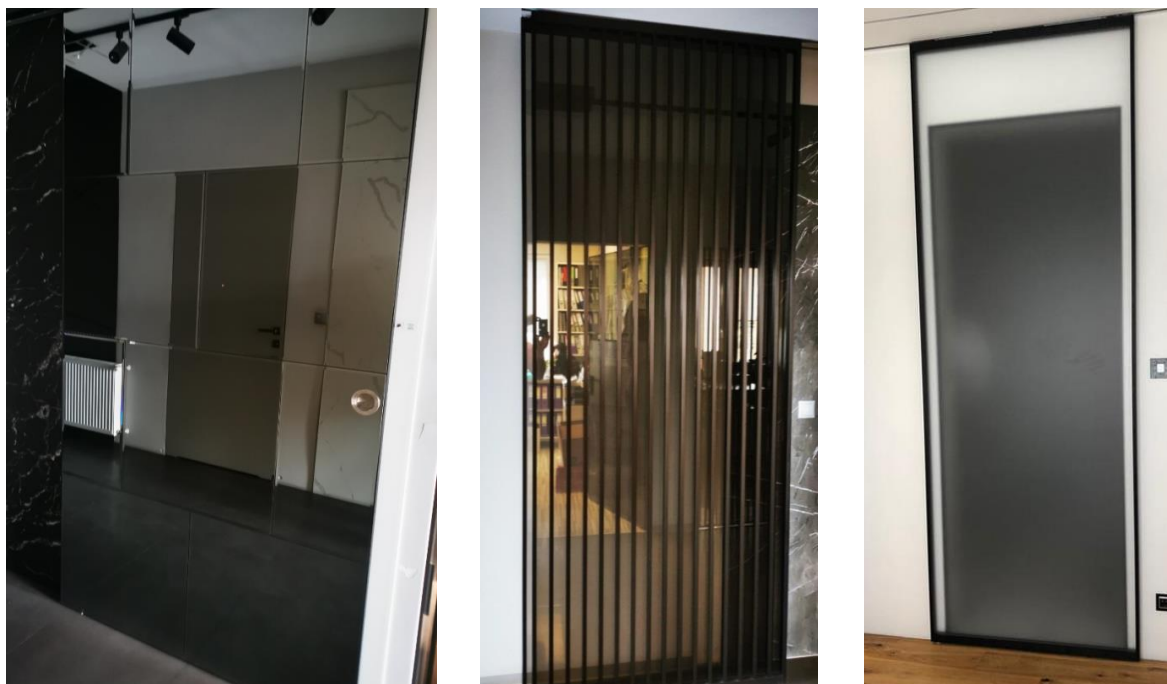


Figure 5. Photos showing the wings of glass and full sliding systems with different finishes (polymer glass, mirrors made of elements, frosted and translucent panes and glass panes with divisions). Source: Photos from the archives of the Zeromur company.

Ryc.5. Zdjęcia przedstawiające skrzydła systemów przesuwanych szklanych i pełnych z różnymi wykończeniami (szkłem polimerowym, lustrami z elementami, szklanymi matowymi i przeziernymi oraz szklanymi z podziałkami). Źródło: Zdjęcia ze zbiorów firmy Zeromur

SYSTEM DRZWI UCHYLNYCH I PRZESUWNYCH, NOWE ROZWIĄZANIA

1. WSTĘP

Drzwi, jest to element, który jest tak oczywisty i towarzyszący nam od tak dawna, że nie zastanawiamy się skąd się wzięły, jaka była ich idea. *Drzwi funkcjonują jako obiekt, którego fizycznie dotykamy lub poruszamy oczami, i jest to granica, przez którą fizycznie możemy przejść.* (Doors, 2014) Swoje początki miały już w świecie starożytnym. Pierwsze wzmianki znaleziono w Egipcie, zawierały instrukcję tworzenia ozdobnych drzwi do świątyni. W tych czasach wrota były wykonywane z jednolitego drewna, bardzo często dębowego, oliwnego, cyprysowego lub cedrowego. Wybór materiału oraz techniki wykonania zależał od klimatu miejsca. Wierzono wtedy, że przez drzwi można dostać się do świata duchów i ozdoby nawiązywały właśnie do tego motywu. Najstarsze znane drzwi są eksponatem w londyńskim British Museum, pochodzą z Mezopotamii i datuje się je na 2 tysiące lat przed naszą erą. *Wczesne drzwi, używane w całej Mezopotamii i starożytnym świecie, były jedynie skórami lub tkaninami. Równoległe z monumentalną architekturą pojawiły się drzwi ze sztywnych, trwałych materiałów. Drzwi do ważnych komnat były często wykonane z kamienia lub brązu. Drewniane drzwi były niewątpliwie najczęstsze w starożytności. Dowody archeologiczne i literackie wskazują na jego występowanie w Egipcie i Mezopotamii. Według pompejańskich malowideł ściennych i zachowanych fragmentów współczesne drzwi wyglądały bardzo podobnie do nowoczesnych drzwi wyłożonych drewnem; były one zbudowane z ramiaków (belek pionowych) i szyn (belek poziomych) połączonych ze sobą w celu podparcia paneli i czasami wyposażone w zamki i zawiasy. Ten rzymski typ drzwi został przyjęty w krajach islamskich. W Chinach drewniane drzwi zwykle składały się z dwóch paneli, dolnego solidnego, a górnego drewnianej kraty pokrytej papierem. Typowe zachodnie średniowieczne drzwi składały się z pionowych desek podpartych poziomymi lub ukośnymi usztywnieniami. Został wzmocniony długimi żelaznymi zawiasami i nabit gwoździami. Efekt paneli został uproszczony, aż w XX wieku najbardziej popularne stały się pojedyncze drzwi z pustym rdzeniem.* (Britannica, 2008) Tak więc widać jak na przestrzeni wieków drzwi zmieniały się od prostej formy, poprzez bardzo skomplikowane drzwi monumentalne do świątyni czy też ważnych pomieszczeń, by ewoluować do drzwi o konstrukcji podobnej jak obecnie stosowanej – opartej na ramie z wypoziomowanymi.

2. DYSKUSJA

Drzwi mają się otworzyć, a po wejściu można doświadczyć innego świata. Ponieważ inny świat zaczyna się, gdy otwieramy książkę, drzwi są granicą na początku innego świata. Drzwi, których przód i tył są zupełnie inne. Rozmiar, kolor i materiał po obu stronach są tak różne, że wydaje mi się, że weszłam w zupełnie inny świat. Dr Jekyll i Mr. Hyde to ta sama osoba, ale wyglądają zupełnie inaczej. Podobnie drzwi do innego świata to płaszczyzna innego świata, który jest inny. (Doors, 2014)

Drzwi od lat spełniają funkcję oddzielenia przestrzeni pomiędzy pomieszczeniami. Jednak zawsze były elementem dodanym do ściany – widać to po opaskach ościeżnicy. System drzwi zlicowanych ze ścianą, drzwi przesuwanych z wymiennymi panelami wraz ze zintegrowanymi listwami przypodłogowymi jest nowością na rynku. Drzwi zlicowane/ukryte są już obecne na rynku europejskim, jednak są to modele do własnego wykończenia lub w określonych kolekcjach. Drzwi zlicowane/ukryte są realizowane poprzez połączenie ościeżnicy ukrytej ze skrzydłem drewnianym, do którego konstrukcji doklejane jest wykończenie – jest ono elementem dodanym do skrzydła, co powoduje brak ochrony krawędzi wykończenia – szkła typu lacobel, luster czy też spieków i naraża na uszkodzenie. System Zeromur zarówno dla drzwi rozwiernych jak i przesuwanych z racji użycia specjalnie zaprojektowanych profili aluminiowych daje możliwość integracji panela drzwiowego ze skrzydłem i krawędź wykończenia jest osłonięta elegancką ramką aluminiową, – co ma również ogromny wpływ na pracę, drzwi i ich ciężar. Taka konstrukcja umożliwi wykończenie drzwi różnymi materiałami po obu stronach skrzydła. *Według słów Georga Simamela, drzwi są łączącym i dzielącym „punktem obrotowym”, który idzie poza kontrastem między wnętrzem a zewnątrz, nawet przewyższając wyrazistości samej ściany działowej: „Dokładnie bądź ponieważ można go otworzyć,*

zapewnia, gdy jest zamknięty, mocniejszy poczucie powściągliwości w stosunku do wszystkiego na zewnątrz pokój w porównaniu ze zwykłą niepodzielną ścianą. Ten ostatni jest nieme, a drzwi mówią”.(Janson A., Tigges F., 2014) Bardzo ważnym aspektem jest wysokość drzwi – klasyczne rozwiązania przekraczają niewiele ponad 2 metry, coraz bardziej popularne wysokie wnętrza – kamienic, apartamentów typu loft. W systemie Zeromur drzwi mogą mieć nawet 3 metry wysokości, co dodaje wnętrzu elegancji, optycznie powiększa wnętrze pomieszczenia oraz spójnie dopełnia aranżację w dużych pomieszczeniach, zwłaszcza w miejscach gdzie zastosowane są wysokie okna. *Drzwi w ścianie mają efekt odpowiednika, swego rodzaju miejsca-posiadacza dla osoby wchodzącej lub wychodzącej. Ta korespondencja kusi nas do zabawy swoim gestem, przykład będąc szczególnie wysokimi, wąskimi drzwiami, jakie spotyka się w budynki oficjalne, które dają odwiedzającym poczucie ważności i wzniesienia, podczas gdy jesteśmy przyzwyczajeni do drzwi wzrostu proporcjonalny do wzrostu użytkownika.*(Janson A., Tigges F., 2014) A możliwość praktycznie dowolnego wykończenia drzwi daje swobodę architektoniczną. *Nawet w architekturze drzwi odgrywają wiodącą rolę: są elementem drugorzędny, instrumentalnym – jeśli rozpatrywać je w stosunku do złożoności architektury – a jednak są pierwszą rzeczą, z którą stykają się ludzie wchodząc do budynku: przez drzwi można wejść do innych „światów”.* (Ricco. G., 2020) Drzwi w zależności od funkcji, miejsca, w którym są użyte nabierają różnych cech i stawiane są im różne wymagania – drzwi systemu ZEROMUR dzięki swojej unikatowej konstrukcji mają sprostać tym zadaniom.

3. MATERIAŁY I METODY

Podstawowe założenia dla poszczególnych systemów zostały określone poprzez analizę rynku krajowego i zagranicznego w zakresie dostępnych rozwiązań wykończeniowych. Przeprowadzone zostały badania w formie wywiadów bezpośrednich, w szczególności w zakresie rozwiązań systemów drzwiowych z grupą docelową – odbiorców ostatecznych – użytkowników indywidualnych, projektantów, architektów i designerów. Wywiady odbywały się na przestrzeni 3 lat, poprzez liczne spotkania z architektami, projektantami na targach, w biurach czy też rozmowach online (szkoleniach, prezentacjach, czy też omawiania potrzeb konkretnych projektów), podczas których rozmawiano o potrzebach funkcjonalnych i architektonicznych drzwi. Lata obecności na rynku drzwiowym umożliwiły również poprzez kontakt z użytkownikami indywidualnymi, ostatecznymi poznanie ich potrzeb i oczekiwań wobec drzwi, ich możliwości obecnych oraz tego co jest oczekiwane. Poprzez analizę i wsłuchanie się w potrzeby i pomysły grup docelowych forma postanowiła wprowadzić serię nowych produktów je uwzględniających. Pozostałe materiały i metody badań zostały opisane w następujących rozdziałach.

4. ETAP OKREŚLENIA PODSTAWOWYCH ZAŁOŻEŃ CELÓW PROJEKTU

W trakcie tego etapu określono podstawowe wymagania dotyczące poszczególnych systemów.

Całość systemu podzielono na podsystemy i w poszczególnych podsystemach przeprowadzono analizy istniejących rozwiązań i określono zakres i założenia według grup.

- Dla systemu ościeżnicy i drzwi w ramach systemów jako podstawowe parametry to:
 - Zlicowanie ze ścianą, w której są zamontowane
 - Zapewnienia przestrzeni w skrzydle i w ościeżnicy umożliwiającej montaż ciężkich paneli wykończeniowych o grubości 8mm zarówno na skrzydle jak i na ościeżnicy,
 - Dobór odpowiednich okuć drzwiowych zapewniających odpowiednią nośność i trwałość działania
 - Opracowanie system łączy profili aluminiowych poprzez użycie spawania chemicznego dającego trwałe i sztywne połączenie poszczególnych elementów systemów,
 - Opracowanie systemu integracji ze ścianą i wykończeniem umieszczonym na ścianie
 - Współpracy z systemem listew przypodłogowych zintegrowanych ze ścianą, umożliwienie ich montażu w ościeżnicy poprzez opracowanie odpowiedniego kształtu profilu listwy, tak by można było umieścić w niej wykończenie

- Możliwość dowolnej aranżacji wnętrza w oparciu o powszechnie dostępne materiały wykończeniowe takie jak farby ścienne, tapety i fototapety,
- Dla systemu zlicowanych ze ścianą listew przypodłogowych podstawowymi założeniami są:
 - Współpraca z systemem ościeżnic w sposób tworzący jednolitą powierzchnię ściany i możliwość wykończenia takim samym materiałem jak skrzydło drzwiowe,
 - Opracowanie dwóch profili umożliwiających montaż w różnych rodzajach ścian – wykonanych w zabudowie suchej (karton – gips) jak i mokrej (technologia murowana – tradycyjna)
 - Możliwość montażu różnych grubości wykończeń, możliwość montażu różnych rodzaju wykończeń – takich jak na ścianie i na skrzydle
- Dla systemów przesuwnych – systemu drzwi przesuwnych opartych o ukryty system jezdny, gdzie skrzydło może być wykończony dowolnym materiałem oraz gdzie skrzydło zbudowane jest z profili aluminiowych, które tworząc ramę nośną dla szyby dającą osłonę narożników szyby, podstawowymi parametrami są:
 - Przestrzeń w skrzydle umożliwiająca montaż płyt o grubości 6mm na skrzydle oraz przestrzeń w skrzydle umożliwiająca montaż szkła o grubości 6 – 8mm w skrzydle
 - Dobór odpowiednich okuć drzwiowych - dobór systemu nośnego w postaci systemu wózków jezdnych zapewniających łagodną i trwałą pracę systemu z uwzględnieniem masy skrzydła, zarówno podczas otwierania, jak i podczas zamykania – gdzie niezbędny będzie system dociągania oraz płynnego spowolnienia ruchu skrzydła, okuć umożliwiających łatwy montaż i demontaż skrzydła oraz pozwalających na regulację pionową skrzydła

5. ETAP PROJEKTU KOMPUTEROWEGO PROFILI SYSTEMU ZEROMUR KOMPAKT SYSTEM

Podstawowe założenia projektu zostały przeniesione do specjalistycznego programu 3D, umożliwiając dokładne narysowanie i modelowanie każdego z profili ze wszystkimi szczegółami. Program ten umożliwił modelowanie gniazd na okucia oraz ich wstępny dobór na już na etapie projektu profilu, dzięki czemu ich osadzenie jest optymalne, bo projekt profilu będzie dostosowany do określonego okucia. Taki system umożliwił również modelowanie elementu mocującego dane okucie, umożliwiał to również zaprojektowanie odpowiedniej grubości ściany, w której mocowanie zostanie osadzone w sposób optymalny. Projekt 3D właśnie w takich momentach daje tę przewagę, że eliminuje problemy, 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 SolidWorks też dzięki szerokiej bazie materiałów umożliwił analizę wagi profilu - taka analiza została przeprowadzona dla każdego z profili - daje ona bardzo zbliżony wynik do rzeczywistego, co pozwala na oszacowanie kosztów materiału potrzebnego do wytworzenia danego elementu. Program umożliwił modelowanie współpracy pomiędzy poszczególnymi profilami, jak również modelowanie jak będzie wyglądać współpraca z innymi komponentami w wirtualnym środowisku – takimi jak łączniki, czy narożniki.

Efektom 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.

6. ETAP SPRAWDZENIA WYKONALNOŚCI PROJEKTU PROFILI DO REALIZACJI PROJEKTU, WYDRUKI 3D DO RZECZYWISTEJ ANALIZY I WPROWADZENIA MODYFIKACJI, WSTĘPNE ZAŁOŻENIA PROCESU OBRÓBEK PROFILI.

Na tym etapie wraz z podwykonawcą sprawdzona była wykonalność poszczególnych profili – czyli weryfikacja czy dany profil da się wytłoczyć zgodnie z projektem. Poprzez wspólną analizę możliwe było ustalenie zakresu tolerancji dla profili, zgodnych z wymaganiami współpracujących elementów, potrzeb firmy Zeromur, jak i ze względu na możliwość procesu tłoczenia. Jest to o tyle istotne, gdyż późniejsza współpraca z systemami narożników, łączników, uszczelek musi się odbywać na

zasadzie jak najlepszego dopasowania, w związku z tym pole tolerancji musi być jak najlepiej określone. Również 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, by koszt wytłoczenia był racjonalny. Dobrany został stop dla stolarki otworowej, ale poddany został odpowiednim obróbkom cieplnym, które polepszają jego właściwości w zakresie wytrzymałości mechanicznej przy uwzględnieniu przyszłych powłok ozdobno – ochronnych – takich jak anody i lakiery proszkowe. Analiza punktów krytycznych mogących powstać w procesie tłoczenia, również na tym etapie możliwe jest wstępne sprawdzenie jak mogą się zachowywać powłoki wykończeniowe i w razie potrzeby wprowadzić korekty w profilu, które spowodują minimalizację lub eliminację wad w powierzchniach eksponowanych profilu na etapie wytłoczenia. Dodatkowo dzięki możliwości wydruku 3D profili możliwe było przeanalizowanie profilu w jego naturalnych rozmiarach. Umożliwiło to analizę modelu bardzo zbliżonego do rzeczywistego. Dało to wstępny obraz, co do wyglądu profilu, ale również dało możliwość wstępnego sprawdzenia czy uchwyty w maszynach są odpowiednie i czy będzie należało wykonać nowe. Razem z zespołem temat możliwego ustawienia i zamocowania w maszynie został wstępnie przeanalizowany.

7. ETAP W WYNIKU, KTÓREGO OTRZYMANO PROFILE, JAKO PODSTAWOWE PÓLPRODUKTY DO SYSTEMU

Na tym etapie dzięki otrzymanym wcześniej wydrukami 3D profili możliwe było sprawdzenie ich współpracy z elementami łącznikowymi i narożnikowymi. Jest to podstawa do uzyskania zespolenia profili poszczególnych systemów jedną całość. Wiązania, jakie powstanie pomiędzy profilami oraz pomiędzy elementami, które je łączą ma ogromny wpływ na przyszłą pracę całego systemu. Wydruki 3D profili umożliwiły sprawdzenie czy projekt komputerowy dał zamierzony rezultat i czy wcześniej dobrane systemy połączeniowe są właściwe. Na tym etapie były możliwe realne próby współpracy profili i elementów łączących. Taki proces był dużo szybszy i dokładniejszy, dodatkowo jest dużo ekonomiczniejszy, gdyż koszt wydruku i czas jego uzyskania jest wielokrotnie krótszy niż wykonywanie pierwszych prototypów na profilach aluminiowych, gdzie możliwości modyfikacji w formach są bardzo ograniczone i kosztowne (wymagają wykonanie nowych matryc). Wszystkie wydruki profili 3D współpracowały w połączeniach ze sobą, w połączeniu z systemami narożników oraz łączników zgodnie z założeniami.

8. ETAP, W KTÓRYM WYTŁOCZONO PROFILE WRAZ ORAZ ZWERYFIKOWANO ICH WSPÓŁPRACĘ Z POZOSTAŁYMI ELEMENTAMI SYSTEMU, WYKONANO PIERWSZE PROTOTYPI - OTRZYMANO PROFILE, JAKO PODSTAWOWEGO PÓLPRODUKTU DO SYSTEMU

Po analizie wydruków 3D profili oraz ich współpracy w poprzednim etapie nastąpiło zamówienie i wytłoczenie profili u podwykonawcy. W tym etapie można było sprawdzić czy wymiary profili zgadzają się z założonymi w projektach. Dla każdego z profili pomiary wykazały, że wszystkie profile mieszczą się w zakresie założonej tolerancji. Następnie zostało sprawdzone czy profile umieszczone w specjalnych uchwytach obróbkowych, po cieciu podczas składania ze sobą „schodzą” się zgodnie z założeniami. Następnie zostało zweryfikowane czy uchwyty obróbkowe w maszynie CNC prawidłowo ustalają profil obrabiany i czy podczas obróbki nie występują drgania, które mają znaczący wpływ, na jakość obrabianej powierzchni. Drgania podczas obróbki powodują również przyspieszone zużycie narzędzi jak i samej maszyny. Dodatkowo generowany jest duży hałas i zwiększa się potrzebna energia potrzebna od wykonania gniazd. Stąd też obróbka gniazd jest prowadzona stopniowo, obróbka zgrubna – gdzie zbierane jest duża ilość materiału w jednym przejeździe freza o większej średnicy (np. frezem o średnicy 12mm), a następnie obróbka wykańczająca cieńszym frezem (np. frezem o średnicy 5mm) zbierane jest już poniżej 0,5mm ścianki. Zbadany został również wpływ procesu obróbki na wykończenie profilu – czy powierzchnia anodowana i lakierowana proszkowo się nie odbarwia podczas procesu – wynik pozytywny, dobrane parametry nie mają wpływu na powierzchnię anodowaną i lakierowaną proszkowo. Następnie zostały sprawdzone czy okucia mieszczą się w wyfrezowanych gniazdach oraz czy śruby mocujące wraz z nitonakrętkami są wykonane we właściwych miejscach, jak również czy nitonakrętki są osadzone

w sposób zapobiegający ich zerwaniu i obracania się śrub mocujących w nitonakrętce – co może prowadzić do nieprawidłowego mocowania okucia w profilu, co w konsekwencji może prowadzić do nieprawidłowej pracy zespołu skrzydła z ościeżnicą. Na tym etapie zostały również sprawdzone współpraca profili z elementami łączącymi – dla ościeżnic z narożnikami, dla skrzydeł z narożnikami, profilami poprzecznymi i łącznikami.

Założenie etapu zostało spełnione, profile każdego z systemów odpowiadają projektowi i wydrukowi 3D. Profile również współpracują z systemami łączników, narożników, osłon, uchwytów oraz wkrętów zgodnie z założeniami. Profile były również testowane z różnymi rodzajami powłok – lakierowane, anodowane oraz surowe – do późniejszego wykończenia po montażu w ścianie, parametry frezowania oraz dobrany stop powoduje, że nie ma widocznego wpływu obróbek na rodzaj wykończenia – nie występują miejscowe przegrzania, odbarwienia czy też odpryski.

9. ETAP PILOTAŻOWEGO WYKONANIE PEŁNEGO ZESPOŁU POSZCZEGÓLNYCH SYSTEMÓW WRAZ Z ICH POŁĄCZENIEM W JEDNĄ WSPÓŁPRACUJĄCĄ CAŁOŚĆ ORAZ Z BADANIEM FUNKCJONALNOŚCI I PRAWIDŁOWOŚCI DZIAŁANIA

Na tym etapie została sprawdzona współpraca profili poprzez złożenie poszczególnych zespołów profili w danym podsystemie. W ramach każdego z elementów podsystemów została sprawdzona łatwość składania, współpraca ze wszystkimi elementami podsystemów – systemów łączników. Zweryfikowano również proces spawania chemicznego profili poprzez połączenie profili wraz z systemami narożników i łączników oraz dwukomponentowego kleju będącego spoiwem w tym procesie. System narożników oraz poprzeczek z materiałów drewnopochodnych zadziałał zgodnie z założeniami, profile połączone ze sobą przy pomocy narożników oraz poprzeczek zapewniają sztywne połączenie profili ze sobą. Kanały w profilach zostały zaprojektowane i wykonane zgodnie z założeniami, systemy połączeniowe zapracowały zgodnie z założeniami projektu. Kolejnym etapem było przeprowadzenie prób spawania chemicznego przy użyciu różnych wcześniej wybranych klejów dwukomponentowych do aluminium. Podczas prób użyto klejów dwukomponentowych:

- Cosmofen WS Duo
- SikaFast 3121
- AcraLock
- Wurth

Tabela 1. Wyniki badań klejów użytych do spawania chemicznego aluminium Źródło: Badania własne

Klej	Po 15 minutach	4 godziny	24 godziny próba rozłączenia
Cosmofen WS Duo	mokry	mokry	związany, ale dało się rozłączyć profile - po próbach rozłączenia niezaschnięty wewnątrz profili dla 3 z 4 próbek
SikaFast 3121	związany	suchy	związany - wszystkie profile przy próbie rozłączenia uległy zniszczeniu
AcraLock	związany	suchy	związany – wszystkie profile przy próbie rozłączenia uległy zniszczeniu
Wurth	mokry	związany	związany, ale dało się rozłączyć profile - po próbach rozłączenia niezaschnięty wewnątrz profili dla 2 z 4 próbek,

Badanie polegało na nałożeniu warstwy kleju w kanale profilu i następnie umieszczenia w nim elementu łącznikowego (narożnika i łącznikowego) i złożenia z drugim profilem. Następnie po 15 minutach sprawdzono czy klej wytworzył wstępne wiązanie i następnie po 4 godzinach sprawdzono

stopień wyschnięcia. Po 24 godzinach sprawdzono połączenia – przeprowadzono próbę rozłączenia profili. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli powyżej.

Na podstawie wyników badania pod względem czasu operacyjnego, czasu schnięcia i siły wiązania – poprzez próbę rozłączenia części, kleje zakwalifikowane do dalszych badań i testów to AcraLock i SikaFast 3121. Do dalszych testów użyto kleju AcraLock.

System narożników i łączników wraz z klejem dwukomponentowym do spawania chemicznego zadziałały zgodnie z założeniami, profile połączone ze sobą przy pomocy narożników, łączników oraz poprzeczek zapewniają sztywne połączenie profili ze sobą. Profile, jako już zespoły spełniają założenia funkcjonalne – proces ich łączenia dla założonych wariantów został sprawdzony i przetestowany dla różnych wariantów wykończeń profili.

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

W tym etapie były przeprowadzone badania połączenia materiałów wykończeniowych z elementami konstrukcji drzwiowych oraz listew przypodłogowych. Przeprowadzone zostały próby łączenia przy pomocy użycia różnych klejów, systemu taśm magnetycznych oraz próbowano dobrać system łączników do połączenia płyciny z materiałem wykończeniowym z profilami skrzydeł. Badania połączenia przy pomocy listew magnetycznych nie powiodły się z powodów zbyt małej siły magnesów, która nie była w stanie utrzymać płyt wykończeniowych na skrzydle drzwiowym, dodatkowo te rozwiązanie nie było odporne na wielokrotne zamykanie i otwieranie drzwi – płyty wykończeniowe odłączały się od skrzydła drzwiowego. Kolejnym przeanalizowanym elementem połączeniowym były rzepy techniczne – sposób ich mocowania do powierzchni płyty przy pomocy taśmy dwustronnej nie zapewniał odpowiedniej siły przylegania po klejonej powierzchni, sam rzep był bardzo wrażliwy na zabrudzenia a siła połączenia pomiędzy rzepami była zbyt mała do utrzymania płyty wykończeniowej na skrzydle drzwiowym. Ze względu na relatywnie małą przestrzeń pomiędzy płytami wykończeniowymi a skrzydłem drzwiowym – 2-4mm nie udało się znaleźć innych rozwiązań mechanicznie mocujących płyty wykończeniowe na drzwiach.

Zostały przeprowadzone próby klejów montażowych firm takich jak:

- Soudal (FixAll Turbo, FixAll Crystal, Soudaseal 260 i 280)
- Bostik (Mamut)
- Lakma (klej do luster)
- Parabond (serii fast, 600, 800)

W wyniku badań zależności pomiędzy siłą trzymania płyt wykończeniowych, możliwości prawidłowego ustawienia pozycji płyty na skrzydle drzwiowym oraz jego dystrybucji najlepsze rezultaty otrzymano z klejami:

- Lakma – do szkła Lacobel i luster
- DL Chemicals Parabond serii 600
- Soudal (FixAll Turbo, Soudaseal 260 i 280)

Została sprawdzona współpraca pomiędzy skrzydłami a ościeżnicą. Zostało przeprowadzone badanie pod kątem dopasowania skrzydła od poddostawcy oraz złożonej z profili systemowych do ościeżnicy zarówno dla wersji otwieranej do środka jak i na zewnątrz. W badaniu tym zostało sprawdzone czy szczeliny po bokach i na górze skrzydła są zgodne z wytycznymi – mieszczą się między 2-4mm oraz czy szczelina dolna między skrzydłem a podłogą mieści się w zakresie 6-9mm. Sprawdzone zostało położenie gniazd zawiasowych oraz gniazd na zamki i blachę zaczepową zamka pomiędzy skrzydłem a ościeżnicą, poprzez wielokrotne otwarcie i zamknięcie zespołu drzwiowego. Wszystkie badania wypadły pozytywnie.

System listew przypodłogowych został sprawdzony pod względem możliwości osadzenia w nich materiałów wykończeniowych zbieżnych z materiałami wykończeniowymi innych systemów - jako że listwa przypodłogowa jest elementem uzupełniającym) płyty ze szkła polimerowego, płyt akrylo-

wych, spieków ceramicznych, laminatów, wypełnień z materiałów aluminiowych, materiałów podkładowych po przysię wykończenia – tynki, malowanie farbą ścienną – wszystkie te materiały zostały osadzone przy pomocy klejów montażowych wcześniej przetestowanych na skrzydłach drzwiowych.

Zostały przeprowadzone również procesy obróbek dla ościeżnic i skrzydeł w innych wariantach wymiarowych, gdzie nie stwierdzono błędów w stosunku do założeń projektowych oraz problemów wynikających z samego procesu cięcia i frezowania – procesy dobrane na maszynach NC i CNC dały rezultaty zgodne z założeniami. Zostało to przedstawione na poniższych zdjęciach.

11. ETAP PREZENTUJĄCY GOTOWE W PEŁNI FUNKCJONALNE PRODUKTY ZABUDOWANE I SPRAWDZONE W WARUNKACH RZECZYWISTYCH

Na tym etapie zostały sprawdzone wszystkie systemy w rzeczywistych warunkach zastosowania. Miało to na celu sprawdzenie ich zachowania, właściwości oraz wyglądu w miejscach docelowego zastosowania i użycia. Ten etap miał na celu ostateczne sprawdzenie i potwierdzenie osiągnięcia zakładanych efektów projektów - produkty poszczególnych systemów zostały montowane w miejscach przeznaczenia:

- Ościeżnice wraz ze skrzydłami drzwiowymi zostały osadzone w ścianie, w sposób, który umożliwił ich połączenie ze ścianą (zarówno ścian w zabudowie mokrej – murowanych, jak i w zabudowie suchej – np. płyt kartonowo gipsowych),
- System listew przypodłogowych – zostały osadzone w ścianie, w sposób sprawdzający ich połączenie ze ścianą, współpraca listwy z ościeżnicą,
- Elementy wykończenia umieszczone zostały w listwie by tworzyły linię ze ścianą
- System drzwi przesuwanych – osadzone w: suficie i na ścianie, sprawdzono czy skrzydła przesuwają się z minimalną siłą niezależnie od wagi wykończenia, oraz czy system spowalniania wraz z szyną nośną spełnia założenia pod skrzydła drzwiowe w pełni wykończone.

Rezultaty badań przedstawiono na poniższych zdjęciach.

12. PODSUMOWANIE

Firma ZEROMUR przeprowadziła szereg badań mających na celu stworzenie linii nowych produktów zgodnych z wymaganiami grupy docelowej. W wyniku tych badań powstały nowe rozwiązania technologiczne w stosunku do drzwi tradycyjnych likwidujące ograniczenia, co do wysokości, szerokości, ciężaru i rodzaju materiału wykończeniowego na drzwiach oraz zintegrowanych listew przypodłogowych. Powstała linia produktów nowoczesnych drzwi rozwieranych i przesuwanych, które umożliwiają bardzo szeroką aranżację przy użyciu bardzo wielu dostępnych materiałów wykończeniowych, również zbieżnych z wykończeniem ściany – poczynając od drzwi malowanych farbą ścienną, pokrywanych tapetą, poprzez drzwi pokrywane różnego rodzaju laminatami, płytami ze spieków kwarcowych wielkoformatowych, szkłe – lustrami, lacobelami czy też szkłem przezierającym i wielu innymi.

Takie podejście dało możliwość uzyskania zindywidualizowanych systemów drzwi szytych na miarę pod danego użytkownika przy zastosowaniu technologii aluminiowej, użytej na szeroką skalę, jako materiał konstrukcyjny, dający niską masę, wysoką sztywność oraz jest materiałem wysoko przetwarzalnym uzyskiwanym poprzez tłoczenie z niskim śladem węglowym.

BIBLIOGRAPHY

- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "door". *Encyclopedia Britannica*, 15 Sep. 2008, <https://www.britannica.com/technology/door>. dostęp/access 2021-12-09
- Dagmara Kasprzyk-Rogal, Drzwi ukryte - czym się charakteryzują i ile kosztują? <https://czasnawnetrze.pl/wnetrza/pomieszczenia/zaplecze-domu/52843-drzwi-ukryte-czym-sie-charakteryzuja-i-ile-kosztuja> dostęp 14.12.2021
- Doors: Boundaries of Communication. https://artsandculture.google.com/exhibit/doors-boundaries-of-communication/qQZ_U5Ba Arumjigi Culture Keepers Foundation. 2014. dostęp/access 2021-12-09
- Drzwi ukryte – co to takiego? Podpowiadamy, do jakich wewnątrz pasują. <https://www.homebook.pl/artykuly/6051/drzwi-ukryte-co-to-takiego-podpowiadamy-do-jakich-wnetrz-pasuja> dostęp 15.12.2021
- Drzwi ukryte - niebanalne rozwiązania w aranżacji wnetrz. 08.10.2021 <https://www.urzadzamy.pl/wnetrza/drzwi-ukryte-niebanalne-rozwiazania-w-aranzacji-wnetrz-aa-TjKC-zBRU-ayeB.html> dostęp 16.12.2021
- Drzwi ukryte – rozwiązanie inne niż wszystkie <https://martdom.pl/porady/drzwi-ukryte-rozwiazanie-inne-niz-wszystkie/> dostęp 15.12.2021
- Janson A., Tigges F. *Fundamental Concepts of Architecture*. ISBN 978-3-0346-0892-3. <https://www.hzu.edu.in/architecture/Fundamental%20Concepts%20of%20Architecture.pdf>. Birkhäuser Verlag GmbH, Base. 2014. dostęp/access 2021-12-09
- Kwiatkowski T., *Charakterystyka i wykorzystanie stopów aluminium oraz taśm węglowych w budownictwie*. Budownictwo 1/2011 vol. 17. Pp. 112-118
- Praca zbiorowa. *Podręcznik konstruktora, Jak radzić sobie z profilami aluminiowymi*, Wyd. Sapa. 2005
- Ricco. G. *Architecture elements: the door*. Published 20 February 2020. <https://www.domusweb.it/en/architecture/gallery/2020/02/19/architecture-elements-the-door.html>. Domus, 2020. dostęp/access 2021-12-09
- Wysokie drzwi we wnetrzach. Gdzie się sprawdzą. Publikacja: 08.05.2021 <https://magazif.com/design/wysokie-drzwi-we-wnetrzach-gdzie-sie-sprawdza/> dostęp 16.12.2021

AUTHOR'S NOTE

The authors are employees of the Zeromur company who participated in the process of creating new products of the Zeromur system. They are experienced employees, participating in the creation of products from the idea - initial assumptions, to the receipt of a full-fledged final product. Both authors have experience in designing system components, selecting components and materials needed to manufacture products.

O AUTORZE

Autorzy są pracownikami firmy Zeromur, którzy uczestniczyli w procesie tworzenia nowych produktów systemu Zeromur. Są to doświadczeni pracownicy, uczestniczący w powstawaniu produktów od momentu idei – wstępnych założeń, do otrzymania pełnowartościowego produktu finalnego. Obie autorki mają doświadczenie w zakresie projektowania elementów systemu, doboru podzespołów oraz materiałów potrzebnych do wytworzenia produktów.

Contact Kontakt: sylwia.kolodziej-gajowy@zeromur.pl; magdalena.garcarek@zeromur.pl